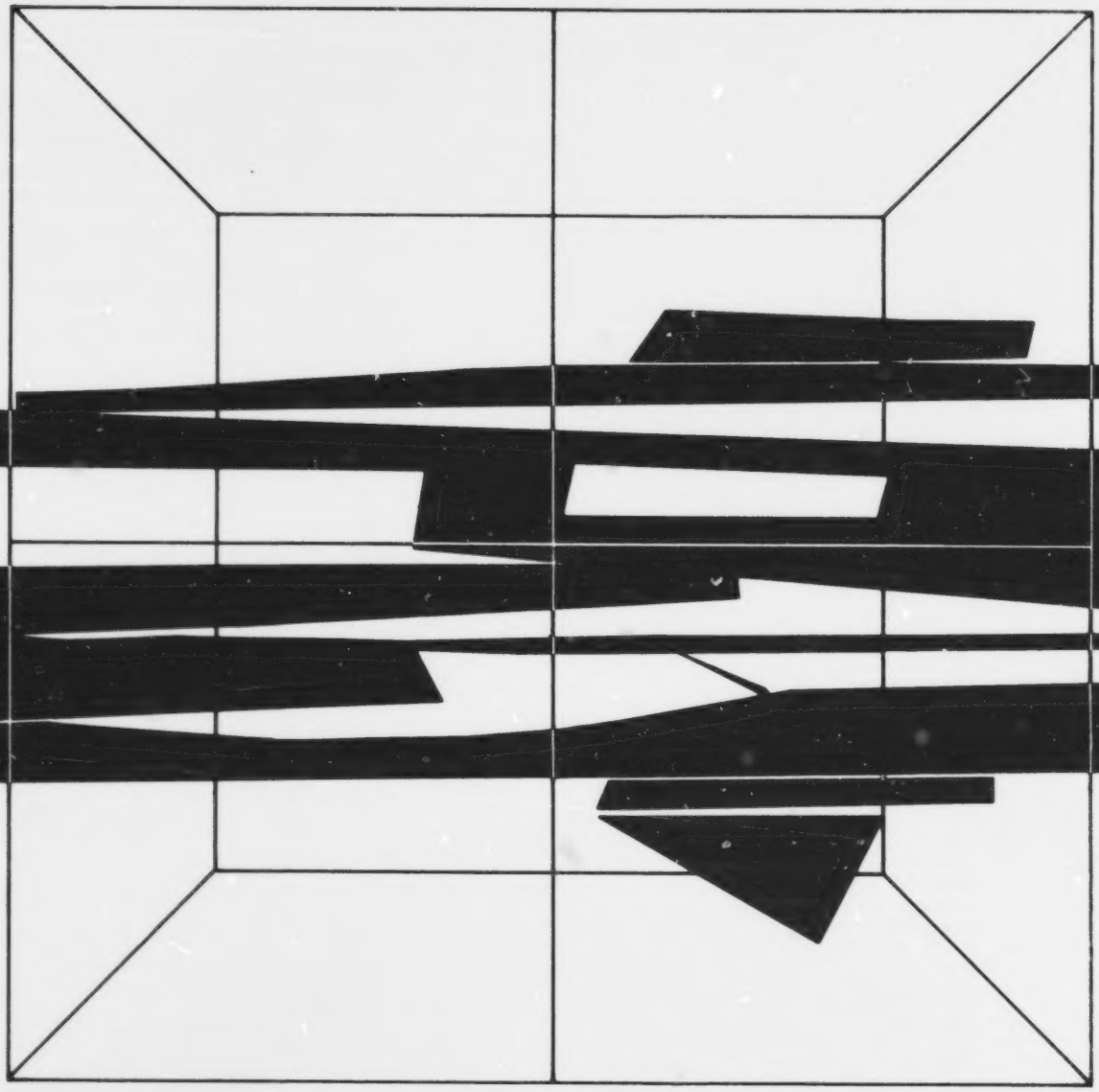
National Inventory of Natural and Anthropogenic Sources and Emissions of Ammonia (1980)

Report EPS 5/IC/1
February 1985

1885
1985



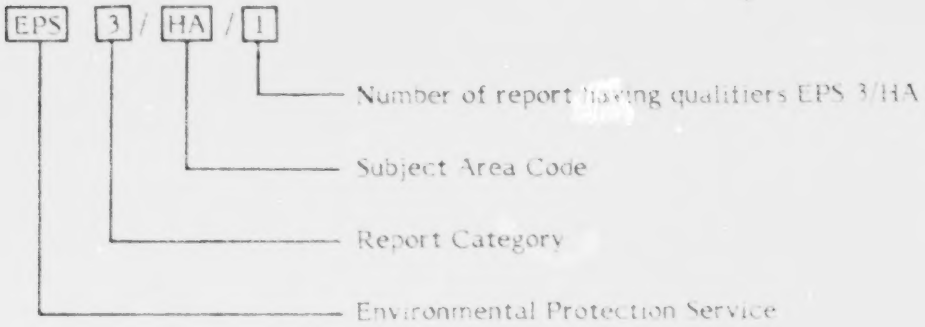
Environment Canada
Environnement Canada

Environmental Protection Service
Service de la protection de l'environnement

Canada

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Sample Number:



Categories

1	Regulations/Guidelines/Codes of Practice
2	Public Consultation: Problem Assessment, Control Options
3	Research and Technology Development
4	Literature Reviews
5	Surveys
6	Social, Economic and Environmental Impact Assessments
7	Surveillance
8	Policy Proposals & Statements
9	Manuals

Subject Areas

AG	Agriculture
AP	Airborne Pollutants
CC	Commercial Chemicals
CP	Consumer Pollution
FP	Food Processing
HA	Hazardous Wastes
IC	Inorganic Chemicals
MA	Marine Pollution
MM	Mining & Mineral Processing
NR	Northern Regions
PF	Paper and Fibres
PG	Power Generation
PN	Petroleum and Natural Gas
SP	Oil & Chemical Spills
SRM	Standard Reference Methods
TS	Transportation Systems
UP	Urban Pollution

New subject areas and codes are introduced as they become necessary. A list of EPS reports may be obtained from the Publications Section, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

National Parks Centennial
1885
1985
Centenaire des parcs nationaux

1885 – 1985:
100 years of Heritage Conservation
Canada's first national park was established in 1885 at Banff, Alberta. Today there are national parks and national historic parks in every province and territory. The National Parks Centennial is an occasion to renew our commitment to preserve examples of our heritage unimpaired for the benefit of all Canadians.

NATIONAL INVENTORY OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC SOURCES AND EMISSIONS OF AMMONIA (1980)

by

Marie-Louise Geadah
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

Report EPS 5/IC/1
February 1985

Comments

Comments regarding the contents of this report should be addressed to:

Chief, Inventory Management Division
Program Management Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 1C8

©Minister of Supply and Services Canada 1985
Cat. No. En 49-10/5-1
ISBN 0-662-53524-3
BEAUREGARD PRESS LIMITED

ABSTRACT

Atmospheric ammonia emissions from various sources have been estimated for Canada for 1980. Both natural and anthropogenic emission sources were considered. The total annual natural emissions were estimated at 505 623 tonnes and anthropogenic sources were estimated to account for 204 432 tonnes, or 28.8% of the total emissions. Biological litter accounts for 90% of the natural emissions, while the large amounts of animal waste associated with feedlots account for 56.2% of the anthropogenic emissions. Handling and storage operations at ammonia plants are the second major source, contributing 26.3% of the total anthropogenic emissions.

Emission factors were used to estimate these emissions, although in some cases emissions were based on information extracted from questionnaires sent to individual companies over the last few years.

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT		iii
LIST OF FIGURES		v
LIST OF TABLES		vi
1	INTRODUCTION	1
2	NATURAL SOURCES	5
2.1	Biological Litter	5
2.2	Animal Waste	7
2.3	Vegetation	7
2.4	Forest Fires	7
2.5	Human Breath	10
3	ANTHROPOGENIC SOURCES	12
3.1	Industrial Emissions	12
3.1.1	Ammonia Plants	12
3.1.2	Ammonium Nitrate	16
3.1.3	Diammonium Phosphate	18
3.1.4	Sodium Carbonate	18
3.1.5	Urea Production	20
3.1.6	Petroleum Refineries	21
3.1.7	Metallurgical Coke Manufacture	24
3.2	Combustion Processes	26
3.2.1	Residential Fuel Combustion	26
3.2.2	Solid Waste Incineration	27
3.2.3	Internal Combustion Engines	29
3.3	Miscellaneous Sources	30
3.3.1	Feedlots	30
3.3.2	Direct Application of Anhydrous Ammonia to soil	31
3.3.3	Cigarette Smoking	31
3.3.4	Other	32
REFERENCES		34

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	HABER-BOSCH PROCESS	14
2	FLUIDIZED BED CATALYTIC CRACKING UNIT	23

LIST OF TABLES

Table		Page
1	CANADIAN NATURAL EMISSIONS OF AMMONIA, 1980	3
2	CANADIAN ANTHROPOGENIC EMISSIONS OF AMMONIA, 1980	4
3	BIOLOGICAL LITTER EMISSIONS BY SOIL ORDER	6
4	WILD HERBIVORES AND DOMESTIC POPULATION ESTIMATES	8
5	ANIMAL WASTE EMISSIONS	9
6	FOREST FIRES EMISSIONS	10
7	POPULATION AND EMISSIONS FROM HUMAN BREATH	11
8	PRINCIPAL USES OF SYNTHETIC AMMONIA	13
9	AMMONIA PLANT EMISSIONS	16
10	EMISSION FACTORS FOR AMMONIUM NITRATE PLANTS	17
11	AMMONIUM NITRATE PRODUCTION EMISSIONS	17
12	DIAMMONIUM PHOSPHATE PRODUCTION EMISSIONS	19
13	SODIUM CARBONATE PRODUCTION EMISSIONS	20
14	UREA PRODUCTION EMISSIONS	22
15	PETROLEUM REFINERY EMISSIONS	24
16	UNCONTROLLED EMISSION FACTORS, METALLURGICAL COKE PRODUCTION	26
17	METALLURGICAL COKE MANUFACTURE EMISSIONS	26
18	RESIDENTIAL FUEL COMBUSTION EMISSION FACTORS	27
19	RESIDENTIAL FUEL COMBUSTION EMISSIONS	27
20	UNCONTROLLED EMISSIONS FACTORS, SOLID WASTE INCINERATION	29
21	SOLID WASTE INCINERATION EMISSIONS	29
22	LIVESTOCK ESTIMATE AND FEEDLOT OPERATION EMISSIONS	30

Table		Page
23	EMISSIONS FROM AMMONIA FIELD APPLICATION	31
24	EMISSIONS FROM CIGARETTE SMOKING	32

1 INTRODUCTION

Ammonia is a colorless alkaline gas with a penetrating pungent sharp odour in low concentrations; in high concentrations, it produces a smothering sensation when inhaled. Under favorable conditions, mixtures of ammonia and air will explode when ignited but ammonia is generally regarded as nonflammable. Ammonia is corrosive and is very soluble in water.

Ammonia is present in small amounts in the air, water, earth and particularly in decomposing organic matter. It is the product of normal human, animal and plant metabolism, but an accumulation in the tissues would result in poisoning. It is combined and excreted from the organism mainly via urine and sweat in the form of ammonium sulphate and urea.

In Canada, ammonia is industrially produced by the Haber-Bosch process which involves the reaction of hydrogen obtained from natural gas and nitrogen from ambient air. The gas mixture is passed through a complex catalyst under pressure (20 000-100 000 kPa) and high temperature (600°C). The resulting liquid ammonia is stored and transported under pressure in steel cylinders or tank cars.

Synthetic ammonia is mainly used in agriculture as a fertilizer and, to a lesser extent, in various industrial applications. Ammonium sulphate and ammonium nitrate, both fertilizers, are produced from synthetic ammonia. Ammonia is also oxidized into nitric acid, and is used in the production of soda and synthetic urea by the ammonia process, as well as in the preparation of water solutions used in chemical and pharmaceutical industries. At petroleum refineries, ammonia is formed from catalyst regenerators in the fluid catalytic cracking process. Other uses include the manufacturing of synthetic fibres, plastics and glues, the treatment and refining of metals, the production of explosives, and as a refrigerant.

Studies have indicated that the circulation of atmospheric ammonia may contribute to acid precipitation. It is known that major constituents of acid precipitation are sulphate and nitrate ions originating from sulphur and nitrogen oxides, respectively. Ammonium ion in the atmosphere is returned to the soil as ammonia as a result of its combination with sulphate ion in the atmosphere or of rainfall washout. Part of this ammonium ion is oxidized to nitrogen oxides and nitrate ions, leading to a more significant contribution to the total acidity of rainfall than has been likely considered.

The role of ammonia in acid precipitation is related to the various chemical reactions of ammonia in clouds and rainwater.

To determine the importance of ammonia in acid precipitation, the major sources of natural and anthropogenic emissions must be known. The objective of this study was to identify sources of ammonia and to quantify the annual atmospheric emissions in Canada for the year 1980. Natural and anthropogenic sources were examined. A previous report on natural emissions of nitrogen compounds (1) was used but the data were updated to 1980.

The emissions were mainly estimated using emission factors; however, in some cases information received from industrial questionnaires was found to be more precise. Production data were obtained from Statistics Canada, CPI product profiles (2) or from unpublished information.

The report is divided into two sections, natural and anthropogenic sources. The natural sources consist of biological litter, animal waste, vegetation, forest fires and human breath. The anthropogenic sources were sub-divided into industrial and combustion processes and miscellaneous. Natural and anthropogenic emissions of ammonia are summarized by province in Tables 1 and 2.

TABLE 1 CANADIAN NATURAL EMISSIONS OF AMMONIA, 1980

Source	Emissions by Province (tonnes/annum)												
	Nfld.	P.E.I.	N.S.	N.B.	Que.	Ont.	Man.	Sask.	Alta.	B.C.	Yukon	NWT	Canada
Biological litter	1 052	13	2 563	3 680	9 056	41 912	65 321	116 372	111 514	61 763	33 099	7 826	454 171
Animal Waste	1 067	289	644	1 098	3 790	6 088	2 435	4 980	6 239	6 246	620	1 911	35 407
Forest Fires	3	< 1	3	9	104	1 849	1 789	4 451	3 048	216	432	4 007	15 911
Human Breath	3	< 1	5	4	34	48	6	5	12	16	< 1	< 31	134
Total	2 125	303	3 215	4 791	12 984	49 897	69 551	125 808	120 813	68 241	34 151	13 744	505 623

TABLE 2 CANADIAN ANTHROPOGENIC EMISSIONS OF AMMONIA, 1980

Source	Emissions by Province (tonnes/annum)												
	Nfld.	P.E.I.	N.S.	N.B.	Que.	Ont.	Man.	Sask.	Alta.	B.C.	Yukon	NWT	Canada
Industrial													
Ammonia Plants	-	-	-	-	-	13 839	1 869	-	35 616	2 352	-	-	53 676
Ammonium Nitrate	-	-	-	-	65	569	140	-	660	-	-	-	1 434
Diammonium Phosphate	-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6
Sodium Carbonate	-	-	-	-	-	1 344	-	-	-	-	-	-	1 344
Urea Production	-	-	-	-	-	1 405	213	-	7 544	-	-	-	9 162
Petroleum Refineries	-	-	169	277	977	1 016	9	81	717	407	-	-	3 653
Metallurgical Coke manufacture	-	-	61	-	-	620	-	26	-	11	-	-	718
Combustion													
Residential fuel combustion	43	14	151	72	503	459	24	44	99	83	4	-	1 496
Solid Waste Incineration	2	< 1	3	3	133	130	5	4	8	19	< 1	-	307
Miscellaneous													
Feedlots*	77	884	1 183	921	15 742	27 050	9 783	19 713	33 594	5 949	-	-	114 896
Direct application to soil					61	1 575	2 220	2 017	4 767	152	-	-	10 792
Cigarette Smoking	167	36	249	205	2 205	2 234	285	269	622	656	7	13	6 948
Total	289	934	1 816	1 482	19 686	50 243	14 548	22 154	83 627	9 629	11	13	204 432

* Includes hogs, cattle, and sheep.

2 NATURAL SOURCES

Ammonia emissions occur mainly from biological degradation in soils, animal wastes, vegetation, forest fires and human breath. Among these natural sources, biological degradation and animal waste are the most important. Ammonia released from soil results from microbial breakdown of plants and animals. Ammonia from animal waste results from hydrolysis of urea by bacteria. The following estimates are based mainly on a previous report on natural emissions of nitrogen compounds (1).

2.1 Biological Litter

Ammonia is released from plant and animal degradation and constitutes the major natural source. When an organism dies, its proteins and nucleic acids are decomposed to amino acids, purines and pyrimidines with the formation of ammonia. This degradation is initiated by the organism's own intracellular proteases and nucleases. Bacteria also introduce these enzymes into the process.

Ammonia release from decomposition is affected by soil parameters such as organic matter components, pH, temperature and moisture levels. Organic matter and temperature are positively correlated with ammonia emissions. Moisture function is more complex since it is not linear. Ammonia released from soil increases when the pH is basic (>6.0). To estimate emissions from different Canadian soil groups, the Dawson's model was used. The model is defined as follows:

$$D = \frac{A\ DoKBf(\theta v)\ f'(T)}{d\ (H^+)}$$

where:

- D = total NH_3 flux ($kg/m^2 \cdot s$)
- A = land surface area (m^2)
- Do = diffusion coefficient of NH_3 in air (0.24 cm^2/s)
- K = constant = 2.04×10^{-5} mol-m^2/L-kg
- B = vegetation biomass (kg/m^2)
- d = characteristic topsoil depth over which the NH_3 concentration gradient is established and is interpreted as being 10 cm
- $f(\theta v)$ = moisture function described in Dawson's text
- $f'(T)$ = temperature function described in Dawson's text
- (H^+) = hydrogen concentration in mol/L.

The total emissions from each soil group are shown in Table 3 (1).

TABLE 3 BIOLOGICAL LITTER EMISSIONS BY SOIL ORDER

Province	Emissions by Soil Order (tonnes/annum)									
	Chermozemic	Solonetzic	Luvisolic	Podzolic	Brunisolic	Regosolic	Gleysolic	Organic	Rockland	Total*
Nfld.			352	411				75	214	1 052
P.E.I.				13						13
N.S.			2 468	92		2				2 563
N.B.			3 552	126		1				3 680
Que.			2 456	1 635	169		3 744	535	518	9 056
Ont.			21 400	967	148		17 580	1 799	19	41 912
Man.	43 529		18 473	294	7	11	1 588	1 409	10	65 321
Sask.	97 685	129	17 506	435		55	368	191	4	116 372
Alta.	62 561	687	39 465	22	53	70	7 704	896	56	111 514
B.C.	10 493	11	46 709	434	631	11	1 441	290	1 743	61 763
Yukon				186	1 961	11 358	17 259	2 104	231	33 099
NWT					1 757	323	5 630		115	7 826
Total	214 268	827	152 381	4 615	4 726	11 831	55 314	7 299	2 910	454 171

* Numbers may not equal totals due to rounding.

2.2 Animal Waste

Animal urine is considered to be one of the major natural sources. Although ammonia is produced from fecal matter, the amount is considered negligible compared to that produced from urine.

Urea and uric acid are produced by protein catabolism. Ammonia is volatilized from the organic waste as a result of chemical or microbial degradation, mainly by urea hydrolysis by urease.

Carnivores, because of their high-protein diets, excrete greater amounts of urea per unit weight than herbivores. Ammonia produced by carnivores and by herbivores are estimated respectively at 186.3 and 16.42 g NH_3 per kg of animal per year (1), assuming that 10% of the obtained urea produces ammonia which is volatilized.

Estimates of the number of wild herbivores in Canada were derived internally (3), while provincial figures were approximated using relative herbivore densities (1). For herbivores over 20 kg average weight, provincial data were available (3). An estimate of domestic animals was obtained from the Council of Animal Care (4); a provincial breakdown was obtained using a proration based on a population parameter (5). These estimates are listed in Table 4.

Emissions from herbivore invertebrates, birds or predators are not included in the estimate because of the scarcity of data. Total emissions from wild and domestic animals are presented in Table 5.

2.3 Vegetation

One study (6) has indicated that ammonia is released from plants in the natural environment as they senesce. Although plants are considered to absorb ammonia, no net uptake was reported for corn plants. However, the study did not indicate if other plants react in the same manner. Moreover, the biological litter estimate, discussed in Section 2.1, includes most of the ammonia released from senescent plants.

2.4 Forest Fires

Forest fires are either caused by lightning or by man's activities. Recreational, residential and industrial activities, which include rail transport and the forest industry, are considered anthropogenic sources. In 1980, they accounted for 30% of the total amount of hectares burned but their relative contribution varies from year to year according to meteorologic factors.

TABLE 4 WILD HERBIVORES AND DOMESTIC POPULATION ESTIMATES

Group/Species	Approximate Weight (kg)	Animal Population	Provincial Population (%)											
			Nfld.	N.S.	P.E.I.	N.B.	Que.	Ont.	Man.	Sask.	Alta.	B.C.	Yukon	NWT
Wild Animals														
Deer	75	1 450 000		6.9		8.6	8.6	8.3	6.2	16.6	14.8	30.0		
Moose	400	846 500	7.1			1.6	8.3	9.4	3.3	6.5	31.3	28.4	2.9	1.2
Elk	270	61 000							16.4	13.0	31.1	39.3		
Caribou	95	908 960	35.4				2.1	1.2	0.4	0.3	0.3	1.2	13.8	45.3
Musk Ox	315	45 000												100.
Pronghorn Antelope	45	27 000								22	78			
Bighorn Sheep	120	8 700									57.5	42.5		
Mice and Voles	0.035	20 000 000 000	1.0	2.5	0.3	3.4	7.2	15.7	9.3	19.7	18.0	16.7	1.3	4.9
Hares and Rabbits	1.5	250 000 000	1.0	2.5	0.3	3.4	7.2	15.7	9.3	19.7	18.0	16.7	1.3	4.9
Beaver	20	4 000 000	1.0	2.5	0.3	3.4	7.2	15.7	9.3	19.7	18.0	16.7	1.3	4.9
Muskrat	1.1	30 000 000	1.0	2.5	0.3	3.4	7.2	15.7	9.3	19.7	18.0	16.7	1.3	4.9
Domestic														
Dogs	10	3 000 000	2.3	0.5	3.5	2.9	26.4	35.4	4.2	4.0	9.2	11.3	0.1	0.2
Cats	2.7	2 000 000	2.3	0.5	3.5	2.9	26.4	35.4	4.2	4.0	9.2	11.3	0.1	0.2

TABLE 5 ANIMAL WASTE EMISSIONS

Group/Species	Provincial Emissions (tonnes/annum)												
	Nfld.	N.S.	P.E.I.	N.B.	Que.	Ont.	Man.	Sask.	Alta.	B.C.	Yukon	NWT	Total
Wild													
Deer		123		155	154	148	111	296	265	536			1 786
Moose	394			89	460	525	184	361	1 741	1 576	164	66	5 560
Elk							44	36	84	106			270
Caribou	502				30	17	5	4	4	17	196	643	1 418
Musk Ox												233	233
Pronghorn Antelope								4	16				20
Bighorn Sheep									01	7			17
Mice and Voles	11	287	34	391	828	1 805	1 069	2 364	2 069	1 920	149	563	11 494
Hares and Rabbits	6	154	18	209	443	967	573	1 270	1 108	1 028	80	302	6 158
Beaver	1	33	4	45	95	206	122	271	237	219	17	64	1 314
Muskrat	1	14	2	18	39	85	50	110	98	91	7	27	542
Domestic													
Dogs	129	28	196	162	1 475	1 979	235	224	514	632	6	11	5 589
Cats	23	5	35	29	266	356	42	40	93	114	1	2	1 006
Total	1 067	644	289	1 098	3 790	6 088	2 435	4 980	6 239	6 246	620	1 911	35 407

Forest fires produce ammonia emissions. It has been estimated that 0.15 kg of NH_3/tonne of dry wood (7) is emitted during combustion. The number of hectares burned was obtained internally (8) and was converted to tonnes of dry wood using the conversion factor of 22 tonnes/ha. Total emissions are given in Table 6.

TABLE 6 FOREST FIRES EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum)
Nfld.	3
P.E.I.	< 1
N.S.	3
N.B.	9
Que.*	104
Ont.	1 849
Man.	1 789
Sask.	4 451
Alta.	3 048
B.C.	216
Yukon	432
NWT	4 007
Canada	15 911

* Quebec does not report total area burned; only valuable forest areas are included.

2.5 Human Breath

During metabolism, waste products are formed in the human body. These products (ammonia, hydrogen sulphide, mercaptans, carbon monoxide, hydrocarbons, etc.) are gradually excreted through the gastro-intestinal tract, kidneys, skin and lungs.

A Russian study (9) has indicated that exhaled air on the average contains 0.56 mg and 0.839 mg NH_3/m^3 of air expired from smokers and non-smokers respectively. During average activity, the volume of air exhaled is estimated at 20 m^3/day (10). Emissions presented in Table 7 were based on smoking and non-smoking populations taken from Statistics Canada (5,11).

TABLE 7 POPULATION AND EMISSIONS FROM HUMAN BREATH

Province/ Region	Population		Emissions (tonnes/annum)		
	Smokers	Non-Smokers	Smokers	Non-Smokers	Total
Nfld.	176 405	391 276	0.7	2.4	3.1
P.E.I.	38 068	84 438	0.2	0.5	0.7
N.S.	263 340	584 102	1.1	3.6	4.7
N.B.	216 405	479 998	0.9	2.9	3.8
Quebec	2 331 048	4 107 355	9	25	34
Ontario	2 361 263	6 263 844	10	38	48
Man.	301 649	724 592	1.2	4.4	5.6
Sask.	284 622	683 691	1.2	4.2	5.4
Alta.	657 748	1 579 976	2.7	9.7	12.4
B.C.	693 801	2 050 666	3	13	16
Yukon	6 986	16 167	<0.1	0.1	0.2
NWT	13 802	31 939	<0.1	0.2	0.3
Canada	7 324 350	16 949 937	30	104	134

Another study (12) has indicated that ammonia has been detected in air exhaled by dogs. An estimation of these emissions only amounted to 170 grams for Canada and therefore they were not included in this study.

3 ANTHROPOGENIC SOURCES

Although most atmospheric ammonia is produced by natural biological processes, anthropogenic sources of ammonia account for the observed substantial increase in gaseous ammonia in urban atmospheres.

Industrial sources of ammonia emissions include the production of: ammonia, ammonium nitrate, diammonium phosphate, sodium carbonate and urea. Ammonia is also emitted from petroleum refineries and metallurgical coke manufacture.

Combustion sources consist of residential fuel combustion, solid waste incineration and internal combustion engines.

Miscellaneous sources include cattle feedlots, which represent the major anthropogenic source, ammonia application to soil as fertilizer, cigarette smoking and other industrial related sources which do not contribute significantly to the total emissions.

3.1 Industrial Emissions

3.1.1 Ammonia Plants. The commercial production of ammonia ranks second only to sulphuric acid among all the inorganic chemicals. Anhydrous ammonia can be applied directly to soil as a fertilizer, or used in the manufacture of various fertilizers or other products. Of the total domestic consumption, about 95% is used in agriculture, largely as fertilizers. The remainder is used in various industrial applications. The domestic demand pattern is given in Table 8 as approximate percentages of the total consumption.

In Canada, most of the ammonia is produced by the Haber-Bosh Process. The process, illustrated in Figure 1, consists of producing a gas mixture containing hydrogen and nitrogen in the proportion of 3 to 1 respectively, purifying this mixture and synthesizing ammonia under pressure in the presence of a suitable catalyst.

1) Synthesis-Gas Preparation:

The desulphurized natural gas is fed to the primary reformer, where it is reacted with steam in the presence of a Ni-catalyst to produce the major part of the required H_2. The principal reactions are:

$$CH_4 + H_2O \rightleftarrows CO + 3H_2$$

$$CO + H_2O \rightleftarrows CO_2 + H_2$$

TABLE 8 PRINCIPAL USES OF SYNTHETIC AMMONIA

Use	Percentage of consumption	
Agriculture, Total		95
- Urea	35	
- Nitric Acid	16	
- Ammonium Phosphates	13	
- Ammonium Nitrate	12	
- Ammonium sulphate, Nitrogen solution	3	
- Fertilizer mixes	1	
- Other fertilizer usage	15	
Industrial Uses, Total		4.3
- Mining, Refining	1.8	
- Pulp and Paper	1.2	
- Amines, Nitriles	1.3	
Miscellaneous		0.7

The partially reformed gas is then led to a combustion furnace, where sufficient preheated air is added over a bed of chrome and nickel catalyst to produce a raw gas with a 3:1 H/N mole ratio. The reformed gas is cooled to 370°C and then fed to a two-stage shift converter where CO is removed from the gas and H_2 is produced by the reaction: $CO + H_2O \rightleftarrows CO_2 + H_2$. The two conversion stages, each with a different catalyst (iron, copper catalysts) provide optimum conditions for maximum CO shift. The gas is cooled, compressed and sent to the gas purification system.

2) Purification of Synthesis Gas:

Carbon dioxides are removed to prevent poisoning of the NH_3 synthesis catalyst. The synthesis gas is passed through an absorption tower countercurrent to a solution of monoethanolamine, where most of the CO_2 is absorbed. The amine solution is sent to a regenerator where carbon dioxide is removed by steam stripping and the solution is heated before being re-used in the absorber. The absorption process is followed with a final cleanup by methanation of the residual carbon dioxides. Here

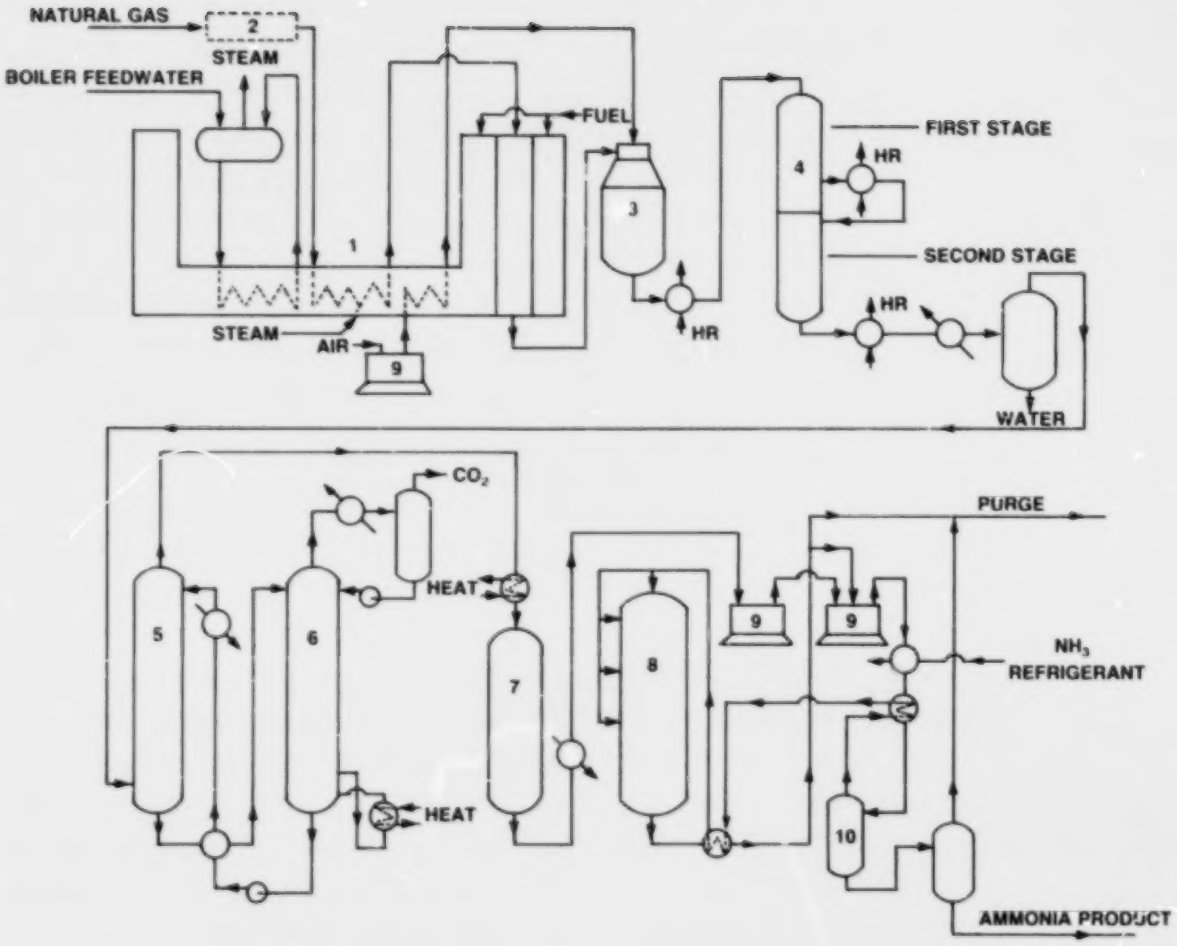


FIGURE 1 HABER-BOSCH PROCESS

(1) Primary reformer, (2) desulphurization, (3) secondary reformer, (4) CO shift converter (in two stages), (5) CO_2 absorber, (6) CO_2 stripper, (7) methanator, (8) NH_3 converter, (9) compressor, (10) separator.
HR = heat recovery.

the gases are passed over a nickel oxide catalyst bed where the remaining oxides are hydrogenated to methane.

3) Compression and Synthesis:

The purified synthesis gas, containing H_2 and N_2 in a 3:1 mole ratio and with methane and argon, is delivered to the synthesis-gas compressor. The gas is compressed to 20 000 kPa in a steam turbine, to which the recycle is added as a side stream for compression. Anhydrous ammonia is synthesized catalytically in a loop system in which unconverted reactants are separated from both the reacted and the inert components leaving the converter and then recycled for an eventual conversion to ammonia. The recovery of ammonia is made only after the recycle mixture and the fresh feed are combined and sent to the converter. The purpose of this recycle is to remove oxides (CO, CO_2, H_2O) from the synthesis gases that are poisonous to the synthesis catalyst before they are fed to the converter. The total compressor discharge is cooled with water and NH_3 refrigerant to achieve partial condensation of NH_3. Then this mixture enters a separator, where NH_3 condensate is recovered as product and the vapour is returned to the synthesis converter. To avoid argon and CH_4 build up in the ammonia converter, part of this vapour is purged.

The purge gas stream, which contains some ammonia, is generally used as fuel at boilers and reformers within the plant and, therefore, is not expected to contribute significantly to ammonia emissions. Ammonia emissions, however, do occur at this stage since only about 60 percent of the ammonia is converted to NO_x, but no emission rates were found in the literature.

The monoethanolamine solution removes the CO_2 from the synthesis gas. The regeneration of this solution with steam produces ammonia emissions. The uncontrolled emission factor is estimated at 1.0 kg of NH_3/tonnes of ammonia produced (12).

More significant ammonia emissions originate from loading and storage operations. It is estimated that 1% of the ammonia handled is lost from the point of production, through storage and out to dealers, and that another 1% is lost by the dealer at the distribution stage. A total of 2% of the ammonia produced (handled) is lost from loading and storage operations (13). This emission rate might be high since many plants control the NH_3 emissions by condensing the vapours but no information was available on the extent and efficiency of such controls.

Total emissions in Table 9 were estimated based on ammonia production (2).

TABLE 9 AMMONIA PLANT EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum) from:		
	CO_2 Regenerator	Loading & Storage	Total
Nfld.			
N.S.			
P.E.I.			
N.B.			
Que.			
Ont.	659	13 180	13 839
Man.	89	1 780	1 869
Sask.			
Alta.	1 696	33 920	35 616
B.C.	112	2 240	2 352
Yukon, NWT			
Canada	2 556	51 120	53 676

3.1.2 Ammonium Nitrate. Ammonium nitrate is a white hygroscopic crystal which is relatively unstable, forming explosive mixtures with combustible materials or when contaminated with organic compounds. Ammonium nitrate is mainly used as a fertilizer. Fifty-eight percent of the amount produced is applied directly to the soil or used in the preparation of fertilizers. Explosives account for 34% and the remainder is used in the preparation of nitrogen solutions.

Ammonia vapour and nitric acid are reacted in a neutralizer to yield ammonium nitrate in a solution form. The heat of reaction causes the solution to boil, thus concentrating it to 85%. The liquor is further concentrated in a vacuum or an air-swept evaporator to 99.8% (95% for low density prills which are used for explosives production). The solution is then prilled or granulated. In this process, the concentrated solution is sprayed, generally through shower heads, from the top of a spray tower about 60 metres high. As it falls countercurrent to a stream of air, the material solidifies into small pellets (called prills). The particles are screened, dried and then coated with clay or fine diatomaceous earth to minimize caking before being conveyed to storage.

The neutralizer, evaporator and prilling tower are the principal sources of ammonia emissions. The tail-gas stream of a neutralizer is the major source of ammonia

emissions. Most plants control these emissions by condensing the tail gases. Scrubbers are also used either alone or followed by condensation. The tail gas leaving the air-swept evaporator also contains ammonia gas. It is generally controlled by a venturi scrubber and final clean-up can be made by a condenser to achieve total condensation. The prilling tower discharge stream containing ammonia is vented directly to the atmosphere.

Average emission factors are summarized in Table 10 (14). Total emissions in Table 11 were estimated using ammonium nitrate production taken from CPI Product Profiles (2).

TABLE 10 EMISSION FACTORS FOR AMMONIUM NITRATE PLANTS

Process	Emission factor (kg of NH_3/tonne of ammonium nitrate produced)
Neutralizer	0.5
Evaporator	0.5
Prilling Tower	0.2

TABLE 11 AMMONIUM NITRATE PRODUCTION EMISSIONS

	Emissions by process (tonnes/annum)			
	Neutralizer	Evaporator	Prilling Tower	Total
Nfld.				
N.S.				
P.E.I.				
N.B.				
Que.	27	27	11	65
Ont.	237	237	95	569
Man.	58	58	24	140
Sask.				
Alta.	275	275	110	660
B.C.				
Yukon, NWT				
Canada	597	597	240	1 434

3.1.3 Diammonium Phosphate. Monoammonium phosphates (MAP) and diammonium phosphates (DAP) are used as fertilizers, either alone or in combination with other salts. Anhydrous NH_3 is reacted with phosphoric acid to produce these phosphates. Depending on the NH_3/H_3PO_4 ratio selected, generally between 1 and 2, mono or dibasic compounds will be formed. Unlike monoammonium phosphate the dibasic compound is unstable and gradually loses about 8% NH_3 on exposure to air. Therefore MAP does not contribute to the ammonia emissions.

The wet acid process is commonly used for manufacturing. The initial reaction takes place between NH_3 and H_3PO_4 and the heat of reaction concentrates the resulting solution. Since the impurities in the process make crystallization difficult, the products are granulated in a granulator. Ammonia or other fertilizers are added to the granulator to achieve a final desired mole ratio. The final DAP fertilizer mixture contains 18% nitrogen, 48% P_2O_5 and 0% potassium (18-48-0 grade). Diammonium phosphate granules are discharged from the ammoniator to a rotary dryer, thence through a screening station and a rotary cooler to storage. Some granules are recycled back for product control.

Vent gases from the reactor and the granulator are generally scrubbed with phosphoric acid to recover the residual ammonia. The controlled emission factor is estimated at 0.04 kg tonne of P_2O_5 produced (15). Emissions presented in Table 12, were estimated given DAP production (15) and the percentage of P_2O_5 (48%) contained in the DAP fertilizer mix.

3.1.4 Sodium Carbonate. Anhydrous sodium carbonate, known as soda ash, is a hydroscopic powder. This product is manufactured by the Solvay process or extracted from naturally occurring brines or ores. Fifty-nine percent of the soda ash produced is used in the manufacture of glass and 26% is used in mining and in the production of other chemicals. Pulp and paper, alkali cleaners and other usage account for the remaining consumption.

In the solvay process, ammonia, limestone and salt are the basic raw materials for the production of sodium carbonate. Limestone (calcium carbonate) is heated in a conventional lime kiln to form lime (calcium oxide) and carbon dioxide. Lime is converted to milk of lime (calcium hydroxide slurry) by hydration.

Salt brine is purified in a series of absorbers with ammonia and carbon dioxide from waste process gases. Calcium, magnesium and other heavy metal ions precipitate as

TABLE 12 DIAMMONIUM PHOSPHATE PRODUCTION EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum)
Nfld.	
N.S.	
P.E.I.	
N.B.	4
Que.	
Ont.	2
Man.	
Sask.	
Alta.	
B.C.	
Yukon, NWT	
Canada	6

mud, which is removed in series of settling tanks. The purified salt brine is ammoniated in an absorber and treated with CO_2 in two carbonating towers in series. The reaction is:

$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

Sodium bicarbonate precipitates and is removed from the solution in a rotary drum vacuum filter. The filter cake is calcinated forming sodium carbonate and carbon dioxide:

$$2\,NaHCO_3 \xrightarrow{Heat} Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

Carbon dioxide released along with makeup CO_2 from the lime kiln are recycled to the process. Sodium carbonate is cooled and screened to produce light ash. Some product is granulated with water to increase density and reduce dusting. This material is dried before being sold.

Ammonia in the vacuum filter liquid is removed in the ammonia kiln by reaction with milk of lime:

$$2\,NH_4Cl + Ca(OH)_2 \xrightarrow{Heat} 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$

The free ammonia is returned to the absorber with some makeup, and the calcium chloride solution is generally discharged as waste. However, at some plants most of it is recovered as a by-product.

Small amounts of ammonia are emitted in the off-gases from the washing tower and as fugitive losses throughout the system. Ammonia makeup (0.35 to 0.5 weight % of sodium carbonate) accounts for most of the fugitive losses. However, some ammonia is discharged with the calcium chloride solution and therefore ammonia lost to the atmosphere, estimated at 3.5 kg/tonne of product (16), is less than ammonia makeup. Total emissions are presented in Table 13.

TABLE 13 SODIUM CARBONATE PRODUCTION EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum)
Nfld.	
N.S.	
P.E.I.	
N.B.	
Que.	
Ont.	1 344
Man.	
Sask.	
Alta.	
B.C.	
Yukon, NWT	
Canada	1 344

3.1.5 Urea Production. Urea is a colorless crystalline organic compound which is very soluble in water. Urea contains 46% nitrogen by weight, the most of any ordinarily solid fertilizer. Since it is converted into ammonia and then into nitrates in the soil, it makes a very concentrated form of nitrogen fertilizer. Seventy-two per cent of the domestic demand is directly applied to soil and another 16% is used for nitrogen solution and fertilizer mixture production. The remainder is used in the manufacture of urea-formaldehyde resins, for animal feed and other miscellaneous usage.

The common method of manufacture is to combine ammonia with carbon dioxide under pressure to form ammonium carbamate which is then decomposed into urea and water.

$$2NH_{3(l)} + CO_{2(g)} \rightleftarrows NH_4CO_2NH_{2(l)} + \text{heat}$$

$$NH_4\,CO_2\,NH_{2(l)} + \text{heat} \rightleftarrows CO\,(NH_2)_{2(l)} + H_2O_{(l)}$$

(ammonium carbamate) (urea)

The ammonia and carbon dioxide are reacted at a pressure between 13 500 kPa and 40 000 kPa and a temperature between 170 and 210°C depending on the process used. The unreacted ammonia is normally recycled to the urea process or used in the production of other fertilizer products or intermediates (nitric acid, ammonium nitrate, etc.) while any CO_2 is vented to the atmosphere or recovered and recycled (partially or totally) to the reactor.

The reactor product stream of urea, ammonium carbamate and water is sent to a stripper where pressure is reduced from 20 000 kPa to approximately 2000 kPa. Ammonia, carbon dioxide and water are released from the solution and some carbamate is dehydrated. The solution is then sent to the decomposer where the remaining carbamate is dehydrated. The 75-80% urea solution produced is generally further processed to obtain the final products in the form of crystals, flakes, prills or as granular material.

The urea solution is first concentrated to more than 98% and then is either dried with air in a tower to form urea prills which are cooled, coated and packed for storage or introduced into an agitated mass of dry particles at a temperature slightly higher then the solution set point, where the agitation is continued until granules are obtained; then they are dried at 120°C.

Ammonia emissions from storage tanks and prilling towers are usually directly vented to the atmosphere. Granulation plants use scrubbers as a form of control. Other sources of emissions from the process are treated by scrubbing or condensation.

Emissions in Table 14 were estimated using a specific emission factor for each plant, based on an industry questionnaire survey completed in 1978 by Environment Canada. The 1980 urea production data were taken from reference (2).

3.1.6 Petroleum Refineries. Refinery operations are divided in four major steps: separation, conversion, treating and blending. Crude oil is first separated into selected fractions, where the relative volume of each fraction is determined by the type of crude oil used. Distillation is usually the primary separation. According to the boiling range of the stock and product specification, solvent extraction and adsorption techniques are used occasionnally in the separation of crude oil. Since the relative volume of each fraction

TABLE 14 UREA PRODUCTION EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum)
Nfld.	
N.S.	
P.E.I.	
N.B.	
Que.	
Ont.	1 405
Man.	213
Sask.	
Alta.	7 544
B.C.	
Yukon, NWT	
Canada	9 162

produced may not correspond to the demand, some products are converted to more valuable ones.

(A) Heavy hydrocarbon molecules are cracked or split to form low-boiling hydrocarbons in the gasoline range. Thermal cracking, catalytic cracking and catalytic reforming are three conversion techniques.

1) In thermal cracking, the charge stock is heated to about 540°C at high pressure to produce gaseous hydrocarbons, gasoline, gas oil and residual fuel oil. Other types of thermal cracking are: coking, a severe cracking operation; visbreaking, a mild cracking which reduces the viscosity of the feedstock; combination units which combine crude oil distillation and any cracking technique.

2) Catalytic cracking is widely used in modern refineries. Cracking with a catalyst (usually alumina-silicate) is achieved at about 900°C and at a pressure slightly higher than 100 kPa. It produces higher gasoline yield and better quality gasoline than thermal cracking. Two cracking methods that are used in refinery operations are: the moving bed and the fluidized bed. Moving bed systems are the Thermofor Catalytic Cracking Units (TCC) and the

Houdriflow Units (HCC), which are not used extensively and will eventually be replaced, while the fluidized bed is known as the Fluid Catalytic Cracking Unit (FCC). A typical fluidized bed system is shown in Figure 2.

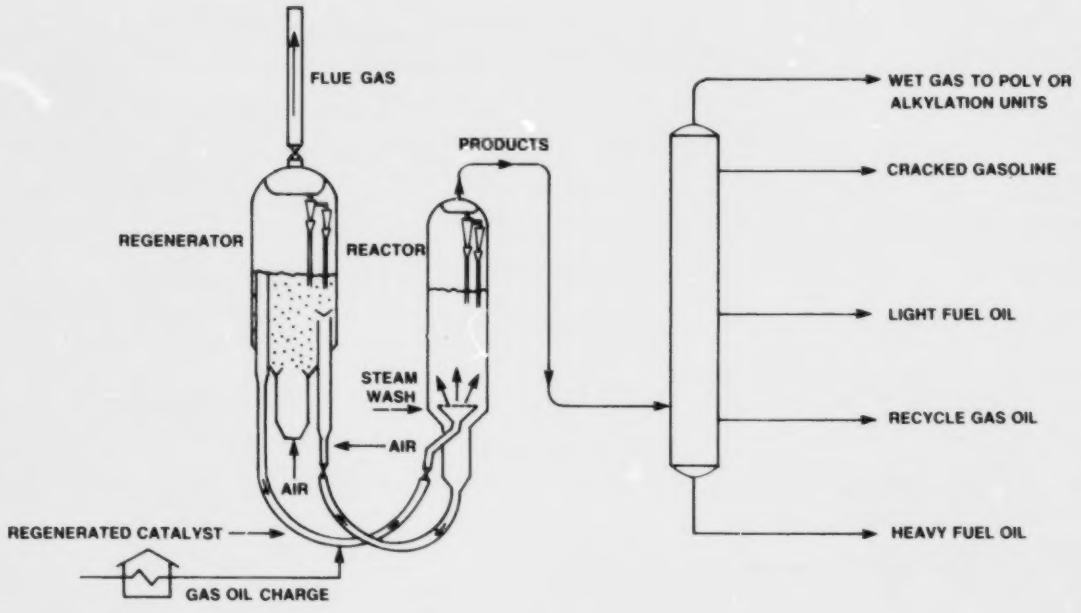


FIGURE 2 FLUIDIZED BED CATALYTIC CRACKING UNIT (FCC)

3) Catalytic Reforming uses gasoline as feedstock and by molecular rearrangement, including hydrogen removal, produces a gasoline of higher quality and octane number and large quantities of hydrogen.

(B) Light gaseous hydrocarbons are united in polymerization or alkylation units or rearranged in isomerization units to form gasoline blending stocks. Polymerization and alkylation are used to produce gasoline from the gaseous hydrocarbons formed during cracking operations. Isomerization is used in the oil industry to form branched-chain hydrocarbons. Catalysts are used to promote combination or rearrangement of these light hydrocarbons.

Crude oils may contain small amounts of many impurities, which are removed through treatment using hydrogen and chemicals or by physical means. Sulphur and

nitrogen are removed because they may adversely affect the catalysts used in some processes. Sulphur is also removed to improve product quality.

As a final step, the refined products are usually blended with each other and various additives to arrive at the most valuable product.

During cracking operations, coke deposits on the catalyst or in the reactor tubes, sulphur and other impurities present in the feedstock are removed by controlled combustion. Combustion gases, including ammonia, are discharged to the atmosphere. Emission factors are estimated to be 154 kg/10^6 litre of feed for FCC and 17.1 kg/10^6 litre of feed for TCC and HCC units (16). Catalytic cracking feed was estimated using the capacity and the percentage run (17). Table 15 summarizes emissions for the different cracking operations.

TABLE 15 PETROLEUM REFINERY EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum)		
	FCC	TCC/HCC	Total
Nfld.			
P.E.I.			
N.S.	164	5	159
N.B.	277		277
Que.	953	24	977
Ont.	987	29	1 016
Man.	-	9	9
Sask.	81		81
Alta.	717		717
B.C.	407		407
Yukon, NWT			
Canada	3 586	67	3 653

3.1.7 Metallurgical Coke Manufacture. Coke is the solid residue that results from the destructive distillation of bituminous coal, which removes volatiles (tars, aromatics, etc.) from the coal. Metallurgical cokes are produced from coals that contain relatively low qualities of metallic components. In Canada, more then 95% of the coke is produced

by the by-product coke oven process. The balance is produced in the Curran-Knowles oven or the Lurgi process. Eighty to eighty-five percent of the coal produced by the by-product process is used for pig iron production in blast furnaces. The remaining is used for foundry, heating and other miscellaneous metallurgical processes.

In unconventional ovens such as the Curran-Knowles oven, the coal is heated in a horizontal coke oven from the floor or sole of the furnace in one direction. Another process is the Lurgi carbonizing retort in which lignite is converted into a char composed of fixed carbon, ash and volatile compounds.

The by-product process, which accounts for most of the coke production, is oriented to the recovery of gases produced during the coking cycle. The coal is crushed and the various coals used are blended to obtain a uniform coal mix before it is transported to the oven. A larry car which runs on rails on the top of the coke oven, charges the oven with coal through ports. When the coal is discharged the ports are sealed and the larry car returns for a new charge.

Coke ovens are narrow rectangular slot-types made of silica brick; a battery is made up of 50 to over 100 ovens interspaced with heating flues. The fuel used in the combustion process is usually blast furnace gas and/or coke oven gas. Coal is heated indirectly to about 1100°C over 17-24 hours depending on the end product required. The gases evolving from the coking process are drawn off through a duct and cooled for further use. After the coking process is complete, coke is pushed by a ram from the oven into a quenching car. The quench car is moved by rail to the quench tower where the hot coke is cooled by water. The cooled coke (200°C) is allowed to dry and is screened into various sizes for future use.

Ammonia is formed during the coking process because of the nitrogen compounds and the hydrocarbons contained in the coal. Ammonia is usually removed from the coke oven gas, to reduce later processing problems and pipeline corrosion, and to eliminate possible secondary sources of air and water pollution. The clean oven gas is used as an in-plant fuel, where the remaining ammonia from the scrubbing processes is oxidized and therefore does not constitute an air pollution problem in terms of ammonia.

The major sources of uncontrolled ammonia emissions when carbonizing coal in by-product coke ovens are: (1) charging of coal into incandescent ovens, (2) oven leakage from doors during the coking period, (3) pushing the coke out of the ovens. Uncontrolled emission factors for these sources are given in Table 16 (18). Coal consumption for metallurgical coke manufacture (19) was used to estimate emissions shown in Table 17.

TABLE 16 UNCONTROLLED EMISSION FACTORS, METALLURGICAL COKE PRODUCTION

Type of operation	Emission factors (kg/tonne of coal charged)
Coal charging	0.01
Door leaks	0.03
Coke pushing	0.05

TABLE 17 METALLURGICAL COKE MANUFACTURE EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum)			
	Coal Charging	Door Leaks	Coke Pushing	Total
Nfld.				
P.E.I.				
N.S.	7	20	34	61
N.B.				
Que.				
Ont.	69	207	344	620
Man.				
Sask.	3	9	14	26
Alta.				
B.C.	1	4	6	11
Yukon, NWT				
Canada	80	239	399	718

3.2 Combustion Processes

3.2.1 Residential Fuel Combustion. Ammonia is formed during combustion as a result of the reaction between nitrogen oxide and hydrogen. Nitrogen oxide is produced from the oxidation of the nitrogen contained in the air, and molecular hydrogen sources are the postflame gases and the water-carbon monoxide equilibrium reaction. Ammonia is an intermediate product and will be oxidized if sufficient oxygen is present. However, when conditions are deficient, a portion will be emitted to the atmosphere.

Ammonia emitted from industrial and commercial combustion is not significant since proper combustion conditions are usually maintained to optimize the combustion efficiency.

Emission factors for fuel oil and coal combustion are shown in Table 18. Emissions provided in Table 19 were estimated from residential fuel consumption (20).

TABLE 18 RESIDENTIAL FUEL COMBUSTION EMISSION FACTORS

Fuel Type	Emission Factor
Fuel Oil	0.12 (kg NH_3/m^3)
Coal	1 (kg NH_3/tonne)

TABLE 19 RESIDENTIAL FUEL COMBUSTION EMISSIONS

	Emissions (tonnes/annum)		
	Fuel Oil	Coal	Total
Nfld.	41	2	43
P.E.I.	14		14
N.S.	105	46	151
N.B.	71	1	72
Que.	503		503
Ont.	459		459
Man.	24		24
Sask.	33	11	44
Alta.	8	91	99
B.C.	83		83
Yukon, NWT	4		4
Canada	1 345	151	1 496

3.2.2 Solid Waste Incineration. Incineration is used to reduce the volume and the weight of the solid waste for further disposal. Solid wastes are generated by industrial, commercial, agricultural and residential activities.

The combustion process is complex and begins with the removal of the moisture of the raw refuse. When the waste is dry, it is further heated to reach the pyrolysis temperature range. The volatile compounds contained in the waste are released in the pyrolysis gases. Usually, combustion air is present in the bed and the oxygen will react with the gases, forming carbon monoxide and carbon dioxide, hydrogen, water and unburned pyrolysis gases. The char fraction of the refuse is reduced to carbon oxides and the remaining product is inorganic ash. To complete the combustion of the unoxidized pyrolysis gases, they are subjected to an oxidizing environment. To achieve this combustion, air and combustible gases are intimately mixed.

Industrial sources, including manufacturing plants and warehouses, generate plastic or textile scraps and wood shavings depending on the material used and products manufactured. Warehouses generate wooden pallets, crates, cardboard cartons and packing material.

Commercial incineration includes office buildings, department stores, supermarkets and restaurants. The waste consists of paper, plastic packaging material and spoiled food. The most common incinerator used for these sources is the multi-chamber design. The combustion gases exit the primary chamber to a small mixing chamber where secondary air is supplied and then pass into the combustion chamber. In the controlled air incinerator, the refuse is burned in the main chamber with insufficient oxygen to complete combustion. The combustible gases are then burned with excess air in a secondary chamber achieving an efficient combustion.

Most of the industrial and commercial incinerators are without control. However to improve combustion, the multiple chamber incinerator is usually installed with an afterburner, which reduces ammonia emissions.

A wide variety of wastes generated in homes, apartment buildings and small communities are collected for transfer to a municipal incinerator. The most common municipal incinerator uses the controlled air process and is a refractory-lined chamber with a grate upon which refuse is burned. Municipal refuse is also burned in pit incinerators but these only account for 6% of the total municipal incineration.

Incineration is also used as a disposal method for the sludge resulting from sewage treatment. The water is removed from the sludge prior to combustion. The sludge combustion takes place in a multiple-hearth or in a fluidized bed furnace.

Combustible gases are created by the pyrolysis of the volatile compounds present in solid wastes and by the partial oxidation of the pyrolysis gases and the char. Among other gases, ammonia, carbon monoxide, hydrogen, hydrocarbons and organic acids

are formed in this process. These gases will be oxidized in the afterburner section if proper combustion conditions are maintained. If not, a portion will be emitted to the atmosphere. Emission factors and emissions from incinerators are presented in Tables 20 and 21 respectively. The amount of material burned was obtained from internal sources.

TABLE 20 UNCONTROLLED EMISSION FACTORS, SOLID WASTE INCINERATION

Sources	Emission Factors (kg/tonne charged material)
Industrial and Commercial	0.2
Municipal	0.2
Sewage Sludge	0.15*

* (kg/tonne of dry sludge)

TABLE 21 SOLID WASTE INCINERATION EMISSIONS

	Emissions by Source (tonne/annum)			
	Industrial and Commercial	Municipal	Sewage Sludge	Total
Nfld.	1.7	-	-	1.7
P.E.I.	0.4	-	-	0.4
N.S.	2.6	-	-	2.6
N.B.	3.4	-	-	3.4
Que.	26.4	106.6	-	133.0
Ont.	41.2	74.1	14.7	130.0
Man.	4.5	-	-	4.5
Sask.	3.3	0.9	0.1	4.3
Alta.	7.5	-	-	7.5
B.C.	11.0	7.3	0.5	18.8
Yukon, NWT	0.2	-	-	0.2
Canada	102.2	188.9	15.3	306.4

3.2.3 Internal Combustion Engines. An American study (17) has indicated that the exhaust from automobiles with or without two-way catalytic converters contains a small

amount of ammonia. The three-way catalytic converter, designed to reduce nitrogen oxides to molecular nitrogen, can produce much greater quantities of ammonia, but it was introduced only in the 1981 model year for Canadian cars. The emission factor for gasoline and diesel powered engines equipped with the three-way catalytic converter is estimated at 0.24 kg of NH_3/kL of fuel burned. Unlike American models, Canadian cars were not required by regulation to be equipped with the converter in 1980. Therefore, the less than 5000 vehicles (21) in Canada equipped with the catalytic converter emitted less than 2 tonnes of ammonia, which is not significant.

3.3 Miscellaneous Sources

3.3.1 Feedlots. Large concentrated feedlots produce considerable amounts of animal waste. As discussed in Section 2.2, 16.42 grams of ammonia per kilogram of animal per year (1) are emitted from the waste by volatilization. The number of pigs, cattle and sheeps were taken from Statistics Canada (22) and their approximate weight (1) were used to estimate the emissions presented in Table 22.

TABLE 22 LIVESTOCK ESTIMATE AND FEEDLOT OPERATIONS EMISSIONS*

	Emissions (tonnes/annum)			
	Hogs	Cattle	Sheep	Total
Nfld.	13	57	7	77
P.E.I.	66	813	5	884
N.S.	70	1 084	29	1 183
N.B.	38	874	9	921
Que.	2 069	13 608	65	15 742
Ont.	2 089	24 815	146	27 050
Man.	542	9 220	21	9 783
Sask.	415	19 232	66	19 713
Alta.	851	32 614	129	33 594
B.C.	140	5 761	48	5 949
Yukon, NWT				
Canada	6 293	108 078	525	114 896

* Approximate individual weight: hogs, 40 kg; cattle, 500 kg; sheep, 50 kg.

3.3.2 Direct Application of Anhydrous Ammonia to Soil. Seventeen per cent of the domestic consumption of anhydrous ammonia is applied directly to soil as a fertilizer. Ammonia vapour losses occur during application and amount to about 3% of the ammonia handled. These losses are attributable to the transfer of liquid ammonia from bulk storage tanks to applicator tanks.

To evaluate the emissions presented in Table 23, the amount of anhydrous ammonia applied directly to the soil was used (23).

TABLE 23 EMISSIONS FROM AMMONIA FIELD APPLICATION

	Emissions (tonnes/annum)
Nfld.	
P.E.I.	
N.S.	
N.B.	
Que.	61
Ont.	1 575
Man.	2 220
Sask.	2 017
Alta.	4 767
B.C.	152
Yukon, NWT	
Canada	10 792

3.3.3 Cigarette Smoking. Cigarette smoke is a result of incomplete combustion of the tobacco product. The chemical composition of cigarette smoke is dependent on many factors including the types of tobaccos used, paper ventilation and filtration. Smoke is a concentrated aerosol of liquid particles suspended in a vapour phase consisting mainly of nitrogen, oxgyen and carbon dioxide.

The vapour phase contains only 100 µg of NH_3/cigarette. Considering the 69.276×10^9 cigarettes per year sold in Canada (24), ammonia emissions would amount to 6928 tonnes. Provincial emissions shown in Table 24 were obtained by distributing the national emissions according to provincial smoking populations (5,11).

TABLE 24 EMISSIONS FROM CIGARETTE SMOKING

	Emissions (tonnes/annum)
Nfld.	167
P.E.I.	36
N.S.	249
N.B.	205
Que.	2 205
Ont.	2 234
Man.	285
Sask.	269
Alta.	622
B.C.	656
Yukon	7
NWT	13
Canada	6 948

3.3.4 Other. Ammonia is also generated in a wide variety of industrial processes and related activities: at metallurgical operations such as in foundries and strip mining, during the synthesis of derived chemicals, in the treatment of waste gases, at sewage treatment plants, in the production of ammonium nitrate explosives, in refrigeration equipment and during food processing such as in fishmeal plants. The following sources were estimated to make a small contribution to the total atmospheric ammonia emissions.

- Ferrous metallurgical operations release less than one tonne of ammonia. The galvanizing process uses, as a fluxing agent, ammonium chloride and traces of ammonia are released each time the flux is disturbed.
- Ammonia emissions from strip mining originate from the combustion of coal heaps. These incidents are not reported but were assumed to be negligible.
- Ammonia is used to synthesize numerous chemicals, but only trace amounts are reported to be emitted. Generally stack gases at these chemical plants are flared and any traces of ammonia are oxidized.
- One plant producing an ammonium sulphate solution uses an ammonia solution in the treatment of waste gases. The scrubbed gases are sent to a mist collector to remove any residual ammonia.

- Atmospheric ammonia emissions from municipal sewage treatment plants are considered to be insignificant. Ammonia can be released to the atmosphere only through the process of air stripping and/or agitation.

- Small amounts of ammonia are released during the manufacture of ammonium nitrate fertilizers and blasting agents. On the other hand, ammonia is not emitted during blasting operations.

- Ammonia is used in large industrial refrigeration equipment. Only small amounts of ammonia are volatilized from the refrigerating process.

- Fishmeal processing generates ammonia through decaying fish matter. The quantity generated from poor housekeeping should be insignificant.

REFERENCES

1. Environment Canada, "National Inventory of Natural Sources and Emissions of Nitrogen Compounds", Environmental Protection Service Report EPS 3-AP-80-4, 1980.

2. Corpus Corporation, CPI product profiles.

3. Personal Communication with Canadian Wildlife Service, Environment Canada.

4. Personal Communication with Canadian Council of Animal Care.

5. Statistics Canada, Population Census, 93-901 to 93-912, 1981.

6. G.A. Farquhar, "Ammonia Volatilization from Senescing Leaves of Maize", Science, 203, pp. 1257-1258.

7. National Academy of Science Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants, "Ammonia", University Park Press, 1979.

8. Environment Canada, Forest Fire Research Institute (Unpublished Information).

9. Yu. G. Nefedov, V.P. Savins, N.L. Sokolov and V.E. Ruzh Kova, "Investigation of Human Expired Air for Contaminants", Kosmicheskaya Biologiya i Meditsina, 3 (5): 71-77, September, 1969.

10. "Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978", Health and Welfare Canada. Cat. No. H48-10/1978-1E.

11. Statistics Canada, The Health of Canadians, 82-538, 1978.

12. U.S. Environmental Protection Agency, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", Third Edition, Supplement No. 9, March 1979, NTIS publication No. PB-295-614.

13. H.G. Walkup and J.L. Nevins, "The Cost of Doing Business In Agricultural Ammonia For Direct Application", Agricultural Ammonia News, November-December 1966.

14. "Air Pollution Emissions and Control Technology: Nitrogen and Phosphate Fertilizer Industries", Report EPS 3-AP-82-2, Air Pollution Control Directorate, Environment Canada, 1982.

15. Corpus Corporation, CPI product profiles, "Ammonium Phosphates".

16. U.S. Environmental Protection Agency, "Impact of New Source Performance Standards on 1985 National Emissions from Stationary Sources", EPA-450/3-76-017 April 1977.

17. "20th Annual Refining Census", Canadian Petroleum, July 1980. pp. 13-23.

18. U.S. Environmental Protection Agency, "Compilation of Air Pollution Emission Factors", Third Edition, Supplement No. 11, October 1980, NTIS publication No. PB 81-178014.

19. J.A. Aylsworth, "Coal and Coke", Annual Reviews of the Canadian Mineral Industry, 1980, Energy, Mines and Resources Canada.

20. Statistics Canada, "Quarterly Report on Energy Supply-Demand in Canada", 1980 IV Quarter, Publication No. 57-003.

21. Environment Canada, Mobile Sources Division (Unpublished Information).

22. Statistics Canada, "Report on Livestock Surveys", Publication No. 23-008, January 1981.

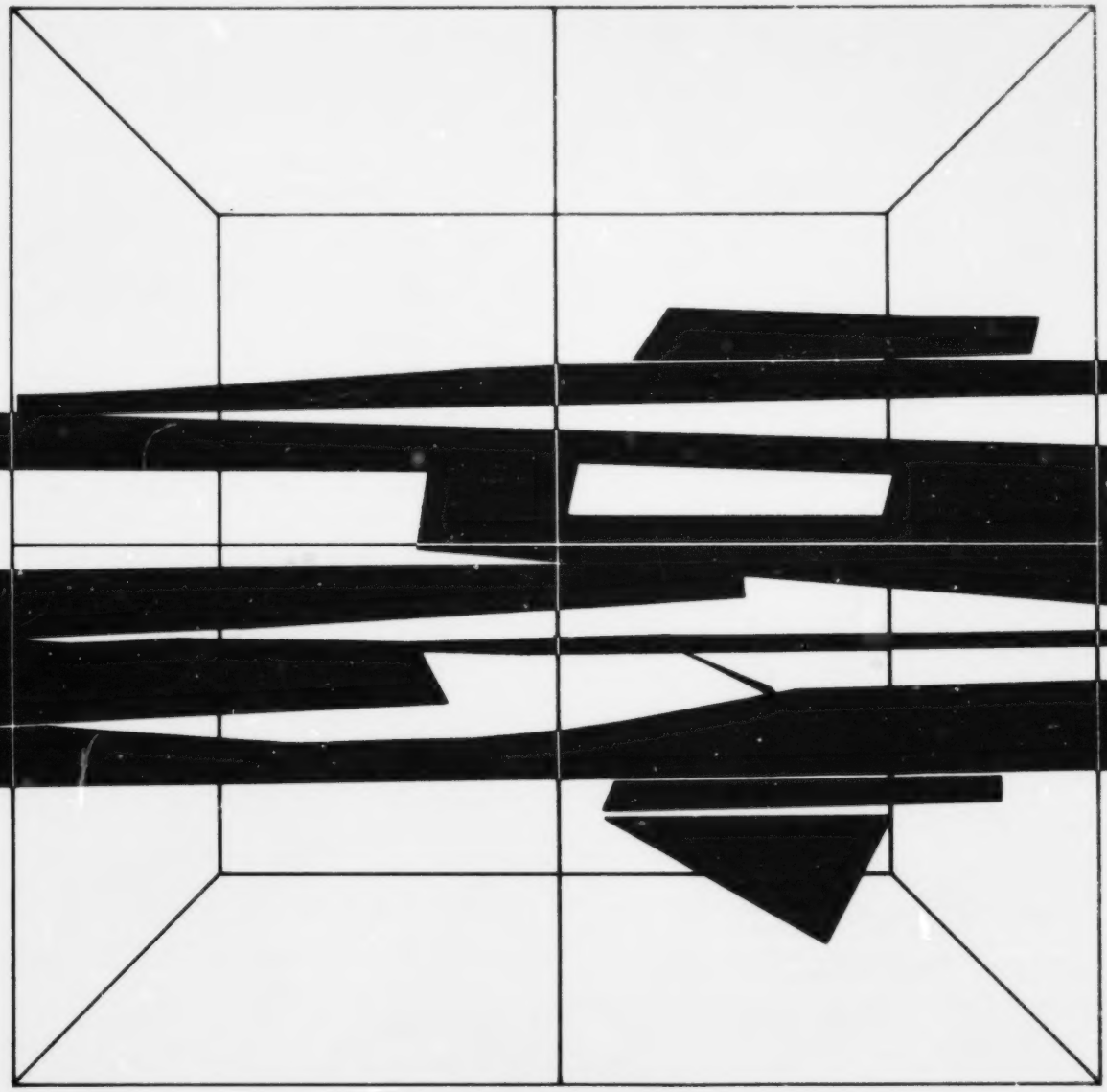
23. Canadian Fertilizer Institute.

24. Statistics Canada, "Production and Dispositon of Tobacco Products", Manufacturing and Primary Industries Division, December 1980, Publication No. 32-022.

Inventaire national des sources et des émissions naturelles et anthropiques d'ammoniac (1980)

1885 1985

Rapport SPE 5 IC 1
Février 1985



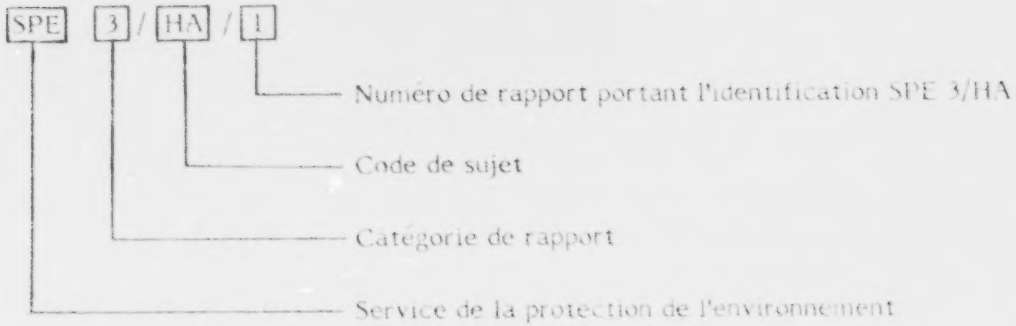
Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

Canada

RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Exemple de numérotage:



Catégories

1 Règlements/Lignes directrices/ Codes de procédure
2 Consultation publique: évaluation des problèmes, options de contrôle
3 Recherche et développement technologique
4 Revues de la documentation
5 Relevés
6 Evaluations des impacts sur l'environnement
7 Surveillance
8 Propositions, analyses et énoncés de principes généraux
9 Guides

Sujets

AG Agriculture
AP Polluants atmosphériques
CC Produits chimiques commerciaux
CP Pollution - consommateurs
FP Traitement des aliments
HA Déchets dangereux
IC Chimie inorganique
MA Pollution marine
MM Exploitation minière et traitement des minéraux
NR Régions du Nord
PF Papier et fibres
PG Production de l'électricité
PN Pétrole et gaz naturel
SP Déversements de pétrole et de produits chimiques
SRM Méthode de référence normalisée
TS Systèmes de transport
UP Pollution urbaine

Sujets et codes additionels sont introduits au besoin. Une liste de rapports du SPE peut être obtenue en s'adressant à la Section des publications, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 1C8.

Centenaire des parcs nationaux
1885
1985
National Parks Centennial

1885 - 1985 : 100 ans de conservation du patrimoine
Le premier parc national du Canada a été aménagé en 1885, à Banff en Alberta. Aujourd'hui, il y a des parcs nationaux et des parcs historiques nationaux dans chaque province et territoire. Le centenaire des parcs nationaux représente l'occasion de réaffirmer le désir de préserver notre patrimoine au profit de tous les Canadiens.

INVENTAIRE NATIONAL DES SOURCES ET DES ÉMISSIONS NATURELLES ET ANTHROPIQUES D'AMMONIAC (1980)

Marie-Louise Geadah
Direction générale des programmes de la
protection de l'environnement
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

Rapport EPS 5/1C/1
Février 1985

Publication distribuée
par le Service de la protection de l'environnement
Ministère de l'Environnement
Hull
K1A 1C8

Édition française
National Inventory of Natural and Anthropogenic Sources and Emissions of Ammonia (1980)
préparée par le Module d'édition française
Ministère de l'Environnement

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 49-10/5-1
ISBN 0-662-53524-3
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

COMMENTAIRES

Prière d'adresser tout commentaire concernant le présent rapport au:

Chef
Division de la gestion des banques de données
Direction de la gestion de programmes
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

RÉSUMÉ

Le présent rapport donne une évaluation des émissions d'ammoniac dans l'atmosphère provenant de sources naturelles et anthropiques au Canada au cours de 1980. La quantité totale annuelle d'émissions naturelles a été évaluée à 505 623 tonnes, tandis que celles provenant de sources anthropiques s'élevaient à 204 432 tonnes, soit 28,8 p. 100 des émissions totales. Quatre-vingt-dix pour cent des émissions naturelles proviennent de la litière biologique, alors que 56,2 p. 100 des émissions anthropiques sont dus aux grandes quantités de déchets d'origine animale dans les parcs d'engraissement. La fabrication d'ammoniac constitue la seconde source d'émissions anthropiques, avec 26,3 p. 100 du total.

Des facteurs d'émission ont été utilisés pour estimer les quantités émises, bien que dans certains cas les données aient été tirées des réponses aux questionnaires qui avaient été envoyés aux compagnies au cours des dernières années.

ABSTRACT

Atmospheric ammonia emissions from various sources have been estimated for Canada for 1980. Both natural and anthropogenic emission sources were considered. The total annual natural emissions were estimated at 505 623 tonnes and anthropogenic sources were estimated to account for 204 432 tonnes, or 28.8 % of the total emissions. Biological litter accounts for 90 % of the natural emissions, while the large amounts of animal waste associated with feedlots account for 56.2 % of the anthropogenic emissions. Handling and storage operations at ammonia plants are the second major source, contributing 26.3 % of the total anthropogenic emissions.

Emission factors were used to estimate these emissions, although in some cases emissions were based on information extracted from questionnaires sent to individual companies over the last few years.

TABLE DES MATIÈRES

COMMENTAIRES		III
RÉSUMÉ/ABSTRACT		V
LISTE DES FIGURES		VIII
LISTE DES TABLEAUX		VIII
1	INTRODUCTION	1
2	SOURCES NATURELLES	
2.1	Litière biologique	5
2.2	Déchets d'origine animale	6
2.3	Végétation	6
2.4	Incendies de forêt	10
2.5	Haleine humaine	11
3	SOURCES ANTHROPIQUES	
3.1	Émissions industrielles	12
3.1.1	Fabrication de l'ammoniac	12
3.1.2	Fabrication du nitrate d'ammonium	17
3.1.3	Fabrication du phosphate d'ammoniacal	17
3.1.4	Fabrication du carbonate de sodium	20
3.1.5	Fabrication de l'urée	21
3.1.6	Raffineries de pétrole	23
3.1.7	Fabrication de coke métallurgique	25
3.2	Procédés de combustion	28
3.2.1	Utilisation de combustible de chauffe	28
3.2.2	Incinération de déchets solides	29
3.2.3	Moteurs à combustion interne	31
3.3	Autres sources	32
3.3.1	Parcs d'engraissement	32
3.3.2	Épandage de l'ammoniac anhydre sur le sol	32
3.3.3	Fumée de cigarette	33
3.3.4	Autres	35
RÉFÉRENCES		36

LISTE DES FIGURES

1	PROCÉDÉ HABER-BOSCH	14
2	INSTALLATION DE CRAQUAGE CATALYTIQUE SUR LIT FLUIDISÉ (FCC)	24

LISTE DES TABLEAUX

1	ÉMISSIONS NATURELLES D'AMMONIAC AU CANADA EN 1980	3
2	ÉMISSIONS ANTHROPIQUES D'AMMONIAC AU CANADA EN 1980	4
3	ÉMISSIONS PROVENANT DE LA LITIÈRE BIOLOGIQUE SUR DIFFÉRENTS TYPES DE SOLS	7
4	POPULATION D'HERBIVORES SAUVAGES ET D'ANIMAUX DOMESTIQUES	8
5	ÉMISSIONS PROVENANT DES DÉCHETS D'ORIGINE ANIMALE	9
6	ÉMISSIONS PROVENANT DES INCENDIES DE FORÊT	10
7	POPULATION ET ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE L'HALEINE HUMAINE	11
8	PRINCIPALES UTILISATIONS DE L'AMMONIAC DE SYNTHÈSE	13
9	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION D'AMMONIAC	16
10	FACTEURS D'ÉMISSION PROVENANT DE LA FABRICATION DU NITRATE D'AMMONIUM	18
11	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DU NITRATE D'AMMONIUM	18
12	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DU PHOSPHATE DIAMMONIACAL	19
13	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DU CARBONATE DE SODIUM	21
14	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DE L'URÉE	23

15	ÉMISSIONS D'AMMONIAC DES RAFFINERIES DE PÉTROLE	26
16	FACTEURS D'ÉMISSION D'AMMONIAC PROVENANT DES PROCÉDÉS SANS DISPOSITIF ANTI-POLLUANT AU COURS DE LA FABRICATION DU COKE MÉTALLURGIQUE	27
17	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DE COKE MÉTALLURGIQUE	28
18	FACTEURS D'ÉMISSION D'AMMONIAC PROVENANT DE L'EMPLOI DE COMBUSTIBLE DE CHAUFFE DANS LES RÉSIDENCES	29
19	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE L'UTILISATION DE COMBUSTIBLE DE CHAUFFE DANS LES RÉSIDENCES	29
20	FACTEURS D'ÉMISSION PROVENANT DE L'INCINÉRATION DE DÉCHETS SOLIDES SANS DISPOSITIF DE DÉPOLLUTION	31
21	ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE L'INCINÉRATION DE DÉCHETS SOLIDES	32
22	NOMBRE DE TÊTES DE BÉTAIL ET ÉMISSIONS PROVENANT DES PARCS D'ENGRAISSEMENT	33
23	ÉMISSIONS PROVENANT DE L'ÉPANDAGE D'AMMONIAC ANHYDRE	34
24	ÉMISSIONS PROVENANT DE LA CIGARETTE	34

1 INTRODUCTION

L'ammoniac est un gaz incolore à caractère basique. À de faibles teneurs, il dégage une odeur piquante et âcre; à des teneurs élevées, il provoque chez le sujet qui le respire, une sensation de suffocation. Lorsque des conditions favorables sont réunies, un mélange d'ammoniac et d'air fera explosion s'il est enflammé, mais on considère généralement l'ammoniac comme une substance ininflammable. L'ammoniac exerce une action corrosive et est très soluble dans l'eau.

De petites quantités d'ammoniac sont présentes dans l'air, l'eau et le sol, mais on le trouve plus particulièrement dans la matière organique en décomposition. C'est un produit du métabolisme normal chez l'homme, les animaux et les plantes, mais toute accumulation dans les tissus est toxique. L'ammoniac est combiné et excrété par les organismes, principalement avec l'urine et la sueur, sous forme de sulfate d'ammonium et d'urée.

Au Canada, l'ammoniac est fabriqué à l'échelle industrielle par le procédé Haber-Bosch au cours duquel on fait réagir de l'hydrogène tiré du gaz naturel avec de l'azote provenant de l'air. On passe le mélange gazeux sur un catalyseur complexe, sous une pression et une température élevées (20 000-100 000 kPa et 600 °C). L'ammoniac liquéfié ainsi obtenu est stocké et transporté sous pression dans des bouteilles en acier ou des wagons-citernes.

L'ammoniac de synthèse est utilisé principalement en agriculture comme engrais et, à un moindre degré, dans diverses applications industrielles.

Il sert aussi à fabriquer du sulfate d'ammonium et du nitrate d'ammonium qui sont des engrais. On le transforme en acide nitrique par oxydation, et on l'utilise pour produire du carbonate de sodium et de l'urée de synthèse ainsi que pour préparer des solutions aqueuses utilisées dans l'industrie chimique et l'industrie pharmaceutique. Dans les raffineries de pétrole, les régénérateurs de catalyseur utilisés lors du craquage sur lit fluidisé produisent de l'ammoniac. Cette substance est utilisée aussi lors de la fabrication de fibres synthétiques, de plastiques et d'adhésifs, lors du traitement et de l'affinage des métaux, lors de la production d'explosifs et comme réfrigérant.

Selon certaines études, la circulation de l'ammoniac dans l'atmosphère peut contribuer aux précipitations acides. Les principaux constituants des précipitations acides sont, on le sait, les ions sulfate et nitrate provenant respectivement des oxydes de soufre et des oxydes d'azote. Les ions ammonium présents dans l'atmosphère se combinent avec

les ions sulfate ou sont entraînés avec la pluie et retournent ainsi dans le sol sous forme d'ammoniac. Une partie de l'ammonium est oxydée en oxydes d'azote et en ions nitrate qui contribuant ainsi plus qu'on ne le pensait à l'acidité totale de la pluie. Le rôle de l'ammoniac dans les précipitations acides est lié aux diverses réactions chimiques auxquelles participe cette substance dans les nuages et dans l'eau de pluie.

Pour déterminer l'importance de l'ammoniac dans les précipitations acides, il faut d'abord identifier les principales sources d'émission naturelles et anthropiques. Le but de la présente étude est d'identifier les sources d'ammoniac et de quantifier les émissions atmosphériques au Canada en 1980. Nous avons examiné les sources naturelles et les sources anthropiques. Nous avons utilisé un rapport précédent portant sur les émissions naturelles des composés de l'azote[1], mais les données ont été mises à jour pour l'année 1980.

Dans la plupart des cas, les émissions ont été évaluées en utilisant des facteurs d'émission; cependant, dans certains cas, nous avons constaté que les données tirées des questionnaires présentés aux diverses industries étaient plus précises. Les données sur la production industrielle proviennent de Statistique Canada, des "product profiles" de Corpus Corporation[2] ou de données non publiées.

Le présent rapport est divisé en deux parties; la première traite des sources naturelles que constituent la litière biologique, les déchets d'origine animale, la végétation, les incendies de forêt et l'haleine humaine, et la seconde porte sur les sources anthropiques qui ont été subdivisées en procédés industriels, procédés de combustion et autres sources. Les émissions naturelles et anthropiques d'ammoniac sont résumées pour chaque province aux tableaux 1 et 2.

TABLEAU 1 ÉMISSIONS NATURELLES D'AMMONIAC AU CANADA EN 1980

Source	Émissions par province (tonnes/année)											
	T.-N.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Yukon	T.N.-O.	CANADA
Litière biologique	1 052	13	2 563	3 680	9 056	41 912	65 321	116 372	111 514	61 763	33 099	7 826	454 171
Déchets d'origine animale	1 067	289	644	1 098	3 790	6 088	2 435	4 980	6 239	6 246	620	1 911	35 407
Incendies de forêt	3	< 1	3	9	104	1 849	1 789	4 451	3 048	216	432	4 007	15 911
Haleine humaine	3	< 1	5	4	34	48	6	5	12	16	< 1	< 31	134
TOTAL	2 125	303	3 215	4 791	12 984	49 897	69 551	125 808	120 813	68 241	34 151	13 744	505 623

TABLEAU 2 ÉMISSIONS ANTHROPIQUES D'AMMONIAC AU CANADA EN 1980

Source	Émissions par province (tonnes/année)												
	T.-N.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Yukon	T.N.-O.	CANADA
Industrielle													
Usines d'ammoniac	-	-	-	-	-	13 839	1 869	-	35 616	2 352	-	-	53 676
Nitrate d'ammonium	-	-	-	-	65	569	140	-	660	-	-	-	1 434
Phosphate diammoniacal	-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6
Carbonate de sodium	-	-	-	-	-	1 344	-	-	-	-	-	-	1 344
Fabrication d'urée	-	-	-	-	-	1 405	213	-	7 544	-	-	-	9 162
Raffineries de pétrole	-	-	169	277	977	1 016	9	81	717	407	-	-	3 653
Fabrication de coke métallurgique	-	-	61	-	-	620	-	26	-	11	-	-	718
Combustion													
Consommation de fuel-oil domestique	43	14	151	72	503	459	24	44	99	83	4	-	1 496
Incinération de déchets solides	2	< 1	3	3	133	130	5	4	8	19	< 1	-	307
Autres sources													
Parcs d'engraissement*	77	884	1 183	921	15 742	27 050	9 783	19 713	33 594	5 949	-	-	114 896
Application directe sur le sol					61	1 575	2 220	2 017	4 767	152	-	-	10 792
Fumée de cigarette	167	36	249	205	2 205	2 234	285	269	622	656	7	13	6 948
TOTAL	289	934	1 816	1 482	19 686	50 243	14 548	22 154	83 627	9 629	11	13	204 432

* Comprend les parcs d'engraissements pour les porcs, les boeufs et les moutons.

2 SOURCES NATURELLES

Les émissions d'ammoniac proviennent surtout de la dégradation biologique dans les sols, des déchets d'origine animale, de la végétation, des incendies de forêt et de l'haleine humaine. Parmi ces sources naturelles, la dégradation biologique et les déchets d'origine animale sont les plus importantes. L'ammoniac qui se dégage du sol résulte de la décomposition microbienne de matières végétales et animales. L'ammoniac provenant des déchets d'origine animale est produit par hydrolyse de l'urée par les bactéries. Les données qui suivent proviennent, dans la plupart des cas, d'un rapport précédent portant sur les émissions naturelles des composés de l'azote(1).

2.1 Litière biologique

La dégradation de matières végétales et animales constitue la principale source naturelle d'ammoniac. Lorsqu'un organisme meurt, les protéines et les acides nucléiques qui le constituent sont transformés en acides aminés, en purines et en pyrimidines, ainsi qu'en ammoniac. Ce processus de dégradation est déclenché par les protéases et les nucléases intracellulaires de l'organisme. Ces enzymes sont aussi introduites dans le processus par les bactéries.

Les paramètres du sol, comme les constituants de la matière organique, le pH, la température et le taux d'humidité, influent sur la quantité d'ammoniac dégagée lors de la décomposition. La teneur en matière organique et la température sont en étroite corrélation avec les quantités d'ammoniac produites. L'effet de l'humidité est complexe, car il n'est pas linéaire. La quantité d'ammoniac dégagée par le sol est plus importante lorsque le pH est alcalin (> 6,0). On s'est servi du modèle de Dawson pour évaluer les émissions d'ammoniac par divers groupes de sols canadiens. Le modèle est défini par l'équation suivante:

$$D = \frac{A\ DoKBf(\theta v)\ f'(T)}{d\,(H^+)}$$

où
- D : le flux total de NH_3 ($kg/m^2.s$),
- A : la superficie (m^2),
- Do : le coefficient de diffusion du NH_3 dans l'air (0,24 cm^2/s),
- K : la constante 2,04 x 10^{-5} $mol.m^2/l.kg$,
- B : la densité surfacique de la biomasse végétale (kg/m^2),
- $f(\theta v)$: fonction d'humidité décrite dans le texte de Dawson,

f'(T) : fonction de température décrite dans le texte de Dawson,

d : la profondeur caractéristique de la couche arable, au-dessus de laquelle le gradient de la teneur en NH_3 est établi; cette profondeur est généralement de 10 cm,

(H^+) : teneur en ions hydrogène (mol/l).

Les émissions totales pour chaque groupe de sols sont données au tableau 3[1].

2.2 Déchets d'origine animale

L'urine des animaux constitue, estime-t-on, l'une des principales sources naturelles d'ammoniac. La matière fécale produit de l'ammoniac, mais les quantités sont négligeables si on les compare à celles produites par l'urine.

L'urée et l'acide urique sont les produits du catabolisme des protéines. Les déchets organiques émettent de l'ammoniac qui est produit par dégradation chimique ou microbienne, principalement par hydrolyse de l'urée par l'uréase.

Les carnivores, à cause de leur nourriture riche en protéines, excrètent une plus grande quantité d'urée par unité de poids que les herbivores. Les quantités d'ammoniac produites par les carnivores et les herbivores ont été évaluées à 186,3 g et 16,42 g de NH_3 par kilogramme d'animal par année respectivement[1], en supposant que 10 p. 100 de l'urée obtenue sont transformés en ammoniac qui se volatilise.

Le nombre d'herbivores sauvages au Canada a été calculé par Environnement Canada[3], mais les chiffres pour les provinces ont été évalués approximativement à partir de la densité de population des herbivores[1]. Des données provinciales étaient disponibles dans le cas des herbivores dont la masse moyenne était supérieure à 20 kg[3]. Dans le cas des animaux domestiques, le chiffre a été fourni par le Conseil canadien de protection des animaux[4]; la ventilation par province a été effectuée en utilisant une distribution proportionnelle basée sur un paramètre de population[5]. Ces données sont présentées au tableau 4.

Les émissions provenant d'invertébrés herbivores, d'oiseaux ou de prédateurs n'ont pas été incluses, car on possède très peu de données pour ces organismes. Les émissions totales pour les animaux sauvages et les animaux domestiques sont présentées au tableau 5.

2.3 Végétation

Selon une étude[6], les plantes dans leur environnement naturel dégagent de l'ammoniac au cours de la sénescence. Même si l'on considère que les plantes absorbent de

TABLEAU 3 ÉMISSIONS PROVENANT DE LA LITIÈRE BIOLOGIQUE SUR DIFFÉRENTS TYPES DE SOLS

	Émissions selon différents types de sols (tonnes/année)									
Province	Chernozémique	Solonetzique	Luvisolique	Podzolique	Brunisolique	Régosolique	Gleysolique	Organique	Rockland	Total*
T.-N.			352	411				75	214	1 052
Î.-P.-É.				13						13
N.-É.			2 468	92		2				2 563
N.-B.			3 552	126		1				3 680
Qué.			2 456	1 635	169		3 744	535	518	9 056
Ont.			21 400	967	148		17 580	1 799	19	41 912
Man.	43 529		18 473	294	7	11	1 588	1 409	10	65 321
Sask.	97 685	129	17 506	435		55	368	191	4	116 372
Alb.	62 561	687	39 465	22	53	70	7 704	896	56	111 514
C.-B.	10 493	11	46 709	434	631	11	1 441	290	1 743	61 763
Yukon				186	1 961	11 358	17 259	2 104	231	33 099
T.N.-O.					1 757	323	5 630		115	7 826
TOTAL	214 268	827	152 381	4 615	4 726	11 831	55 314	7 299	2 910	454 171

* La somme des valeurs individuelles n'est pas nécessairement égale aux totaux, car les chiffres ont été arrondis.

TABLEAU 4 POPULATION D'HERBIVORES SAUVAGES ET D'ANIMAUX DOMESTIQUES

Groupe/ espèces	Masse approximative (kg)	Population	Population par province (%)											
			T.-N.	N.-É.	Î.-P.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Yukon	T.N.-O.
Animaux sauvages														
Cerf	75	1 450 000		6,9		8,6	8,6	8,3	6,2	16,6	14,8	30,0		
Orignal	400	846 500	7,1			1,6	8,3	9,4	3,3	6,5	31,3	28,4	2,9	1,2
Wapiti	270	61 000							16,4	13,0	31,1	39,3		
Caribou	95	908 960	35,4				2,1	1,2	0,4	0,3	0,3	1,2	13,8	45,3
Boeuf musqué	315	45 000												100
Antilope d'Amérique	45	27 000								22	78			
Mouflon d'Amérique	120	8 700									57,5	42,5		
Souris et campagnol	0,035	20 000 000 000	1,0	2,5	0,3	3,4	7,2	15,7	9,3	19,7	18,0	16,7	1,3	4,9
Lièvre et lapin	1,5	250 000 000	1,0	2,5	0,3	3,4	7,2	15,7	9,3	19,7	18,0	16,7	1,3	4,9
Castor	20	4 000 000	1,0	2,5	0,3	3,4	7,2	15,7	9,3	19,7	18,0	16,7	1,3	4,9
Rat musqué	1,1	30 000 000	1,0	2,5	0,3	3,4	7,2	15,7	9,3	19,7	18,0	16,7	1,3	4,9
Animaux domestiques														
Chiens	10	3 000 000	2,3	0,5	3,5	2,9	26,4	35,4	4,2	4,0	9,2	11,3	0,1	0,2
Chats	2,7	2 000 000	2,3	0,5	3,5	2,9	26,4	35,4	4,2	4,0	9,2	11,3	0,1	0,2

TABLEAU 5 ÉMISSIONS PROVENANT DES DÉCHETS D'ORIGINE ANIMALE

Groupe/ espèces	Émissions par province (tonnes/année)											
	T.-N.	N.-É.	Î.-P.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Yukon	T.N.-O.	Total
Animaux sauvages													
Cerf		123		155	154	148	111	296	265	536			1 786
Orignal	394			89	460	525	184	361	1 741	1 576	164	66	5 560
Wapiti							44	36	84	106			270
Caribou	502				30	17	5	4	4	17	196	643	1 418
Boeuf musqué												233	233
Antilope d'Amérique								4	16				20
Mouflon d'Amérique									01	7			17
Souris et campagnol	11	287	34	391	828	1 805	1 069	2 364	2 069	1 920	149	563	11 494
Lièvre et lapin	6	154	18	209	443	967	573	1 270	1 108	1 028	80	302	6 158
Castor	1	33	4	45	95	206	122	271	237	219	17	64	1 314
Rat musqué	1	14	2	18	39	85	50	110	98	91	7	27	542
Animaux domestiques													
Chiens	129	28	196	162	1 475	1 979	235	224	514	632	6	11	5 589
Chats	23	5	35	29	266	356	42	40	93	114	1	2	1 006
TOTAL	1 067	644	289	1 098	3 790	6 088	2 435	4 980	6 239	6 246	620	1 911	35 407

l'ammoniac, aucune assimilation nette n'a été signalée dans le cas du maïs. Toutefois, l'étude ne précisait pas si d'autres plantes réagiraient de la même façon. De plus, les émissions provenant de la litière biologique mentionnées à la section 2.1 incluent la plupart de l'ammoniac dégagé par les plantes sénescentes.

2.4 Incendies de forêt

Les incendies de forêt sont causés par la foudre ou par l'homme. Les activités relatives aux loisirs, les activités domestiques et les activités industrielles, y compris le transport par voie ferrée et l'exploitation forestière, sont considérées comme des sources anthropiques. En 1980, 30 p. 100 de la superficie dévastée par les incendies de forêt étaient attribuables à ces activités, mais leur contribution relative varie d'une année à l'autre selon les facteurs météorologiques.

Les incendies de forêt produisent des émissions d'ammoniac. On a évalué à 0,15 kg de NH_3 par tonne de bois sec[7] la quantité émise durant la combustion. Le nombre d'hectares dévastés provient d'un service gouvernemental[8] et a été converti en tonnes de bois sec en utilisant un facteur de conversion de 22 t/ha. Les émissions totales sont données au tableau 6.

TABLEAU 6 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DES INCENDIES DE FORÊT

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)
T.-N.	3
Î.-P.-É.	< 1
N.-É.	3
N.-B.	9
Qué.*	104
Ont.	1 849
Man.	1 789
Sask.	4 451
Alb.	3 048
C.-B.	216
Yukon	432
T.N.-O.	4 007
CANADA	15 911

* Le Québec ne signale pas la superficie totale dévastée; seules les zones forestières de valeur ont été incluses.

2.5 Haleine humaine

Le métabolisme produit des déchets (ammoniac, sulfure d'hydrogène, mercaptans, oxyde de carbone, hydrocarbures, etc.) qui sont graduellement excrétés par la voie gastro-intestinale, les reins, la peau et les poumons.

Selon une étude russe[9], l'air exhalé par les fumeurs et les non-fumeurs renferme en moyenne 0,56 mg et 0,839 mg de NH_3 par mètre cube respectivement. Au cours d'une activité moyenne, le volume d'air exhalé quotidiennement est de 20 m^3[10]. Les émissions présentées au tableau 7 sont basées sur des populations de fumeurs et de non-fumeurs étudiées par Statistique Canada[5, 11].

Selon une autre étude[12], on a décelé de l'ammoniac dans l'air exhalé par des chiens. Ces émissions ne sont pas incluses dans la présente étude, car elles ne représentent que 170 grammes d'ammoniac pour le Canada.

TABLEAU 7 POPULATION ET ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE L'HALEINE HUMAINE

Province et territoire	Population		Émissions (tonnes/année)		
	Fumeurs	Non-fumeurs	Fumeurs	Non-fumeurs	Total
T.-N.	176 405	391 276	0,7	2,4	3,1
Î.-P.-É.	38 068	84 438	0,2	0,5	0,7
N.-É.	263 340	584 102	1,1	3,6	4,7
N.-B.	216 405	479 998	0,9	2,9	3,8
Qué.	2 331 048	4 107 355	9	25	34
Ont.	2 361 263	6 263 844	10	38	48
Man.	301 649	724 592	1,2	4,4	5,6
Sask.	284 622	683 691	1,2	4,2	5,4
Alb.	657 748	1 579 976	2,7	9,7	12,4
C.-B.	693 801	2 050 666	3	13	16
Yukon	6 986	16 167	<0,1	0,1	0,2
T.N.-O.	13 802	31 939	<0,1	0,2	0,3
CANADA	7 324 350	16 949 937	30	104	134

3 SOURCES ANTHROPIQUES

La plus grande partie de l'ammoniac atmosphérique est produite par des processus biologiques naturels; cependant, ce sont les sources anthropiques qui sont responsables de l'augmentation importante de la quantité d'ammoniac gazeux dans l'atmosphère des villes.

Parmi les sources industrielles d'ammoniac, on compte les fabriques d'ammoniac, de nitrate d'ammonium, de phosphate diammoniacal, de carbonate de sodium et d'urée. Les raffineries de pétrole et les usines qui fabriquent du coke métallurgique produisent aussi des émissions d'ammoniac.

Pour ce qui est de l'ammoniac produit par la combustion, on compte l'utilisation du combustible de chauffe, l'incinération de déchets solides et l'utilisation de moteurs à combustion interne.

Les autres sources d'ammoniac sont les parcs d'engraissement du bétail, qui représentent la principale source anthropique, l'application d'ammoniac sur le sol comme engrais, la fumée de cigarette et d'autres sources de type industriel qui ne contribuent pas beaucoup aux émissions totales.

3.1 Émissions industrielles

3.1.1 Fabrication de l'ammoniac. - La production commerciale d'ammoniac se classe au deuxième rang après l'acide sulfurique parmi tous les produits chimiques inorganiques. L'ammoniac anhydre peut être appliqué directement sur le sol comme engrais ou utilisé dans la fabrication de divers engrais ou produits. Environ 95 p. 100 de la quantité totale consommée au Canada sont utilisés en agriculture, principalement comme engrais. Le reste sert à diverses applications industrielles. Le tableau 8 donne la proportion approximative de la consommation totale utilisée à diverses fins.

Au Canada, la plus grande partie de l'ammoniac est obtenue par le procédé Haber-Bosch. Dans ce procédé qui est illustré à la figure 1, on effectue un mélange gazeux contenant de l'hydrogène et de l'azote dans des proportions de 3 à 1 respectivement, on purifie ce mélange, puis on synthétise l'ammoniac dans un réacteur sous pression en présence d'un catalyseur approprié.

a) PRÉPARATION DU MÉLANGE GAZEUX

On passe du gaz naturel désulfuré dans le reformeur primaire où il réagit avec de la

TABLEAU 8 PRINCIPALES UTILISATIONS DE L'AMMONIAC DE SYNTHÈSE

Utilisation	Composition (%)	
Agricole, totale		95
- Urée	35	
- Acide nitrique	16	
- Phosphate d'ammonium	13	
- Nitrate d'ammonium	12	
- Sulfate d'ammonium, solution azotée	3	
- Mélanges fertilisants	1	
- Autres utilisations comme engrais	15	
Industrielle, totale		4,3
- Exploitation minière, raffinage	1,8	
- Pâtes et papiers	1,2	
- Amines, nitriles	1,3	
Autres		0,7

vapeur en présence d'un catalyseur au Ni pour produire la majeure partie de l'hydrogène nécessaire. Voici les principales réactions qui interviennent:

$$CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3H_2$$
$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$$

Le gaz partiellement reformé est ensuite acheminé vers un four où on ajoute une quantité suffisante d'air préchauffé en présence d'un catalyseur au chrome et au nickel pour produire un gaz brut dont les proportions molaires de H/N sont de 3:1. On refroidit à 370 °C le gaz reformé, puis on l'achemine vers un convertisseur à deux étapes où le CO est éliminé et où on produit du H_2 suivant la réaction qui suit: $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$. Les deux étapes de conversion, dont chacune est réalisée en présence d'un catalyseur différent (catalyseur au fer et au cuivre), permettent d'obtenir les conditions optimales pour la transformation du CO. On refroidit le gaz, on le comprime, puis on l'achemine vers un système de purification.

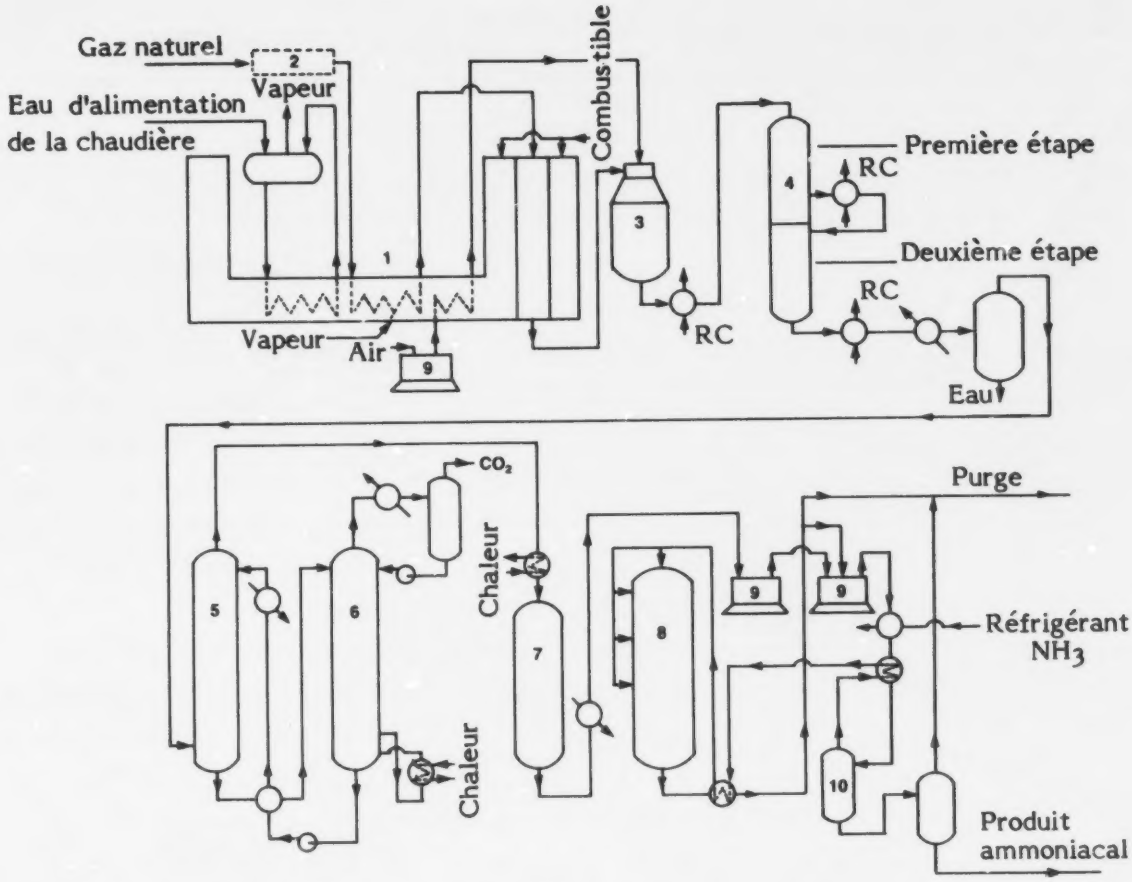


FIGURE 1 PROCÉDÉ HABER-BOSCH

(1) Reformeur primaire, (2) désulfuration, (3) reformeur secondaire, (4) convertisseur de CO (deux étapes), (5) tour d'absorption du CO_2, (6) strippage du CO_2, (7) méthanateur, (8) convertisseur de NH_3, (9) compresseur, (10) séparateur.

RC = récupération de chaleur.

b) PURIFICATION

On élimine le dioxyde de carbone, car il pourrait empoisonner le catalyseur utilisé pour la synthèse. Pour ce faire, on le passe dans une tour d'absorption, à contre-courant d'une solution de monoéthanolamine qui absorbe la plupart du CO_2. La solution d'amine est acheminée vers un régénérateur où le dioxyde de carbone est éliminé par strippage à la vapeur; on chauffe ensuite la solution avant de la retourner dans la tour d'absorption. Après l'absorption, on procède à une épuration finale par méthanation du dioxyde de carbone qui reste. Dans ce procédé, on passe le gaz sur un catalyseur d'oxyde de nickel pour hydrogéner jusqu'au méthane les oxydes qui restent.

c) COMPRESSION ET SYNTHÈSE

Le mélange ainsi purifié, qui renferme du H_2 et du N_2 dans une proportion molaire de 3:1 ainsi que du méthane et de l'argon, est acheminé vers un compresseur alimenté par une turbine à vapeur, où il est comprimé jusqu'à 20 000 kPa avec le gaz de recyclage provenant du convertisseur. L'ammoniac anhydre est synthétisé en présence de catalyseurs dans un système en boucle où les produits non réagis sont séparés des produits de réaction et des constituants inertes puis recyclés dans le convertisseur. On récupère l'ammoniac uniquement après avoir combiné et acheminé vers le convertisseur le mélange de recyclage et une charge fraîche. Ce recyclage a pour but de débarrasser le mélange gazeux des oxydes (CO, CO_2, H_2O) qui sont des poisons pour le catalyseur, avant de l'acheminer vers le convertisseur. Le produit final qui sort du compresseur est refroidi avec un mélange d'eau et d'ammoniac comme réfrigérant pour réaliser la condensation partielle du NH_3. Ce mélange est ensuite acheminé vers un séparateur où le NH_3 condensé est récupéré; les vapeurs sont retournées dans le convertisseur. Une partie de ces vapeurs est ensuite purgée pour éviter l'accumulation d'argon et de CH_4 dans le convertisseur.

Les produits purgés, qui contiennent une certaine quantité d'ammoniac, sont en général utilisés comme combustible pour alimenter les chaudières et les reformeurs de l'usine; ainsi, ils ne contribuent pas beaucoup, estime-t-on, aux émissions d'ammoniac. Toutefois, cette étape produit des émissions d'ammoniac, puisque 60 p. 100 environ de l'ammoniac sont transformés en NO_x, mais aucun taux d'émission n'a été trouvé dans la littérature.

La solution de monoéthanolamine permet d'éliminer le CO_2 contenu dans le gaz de synthèse. La régénération de cette solution à l'aide de vapeur produit des émissions d'ammoniac. Le facteur d'émission sans dépollution a été évalué à 1,0 kg d'ammoniac par tonne d'ammoniac produit[12].

Les émissions d'ammoniac produites lors des opérations de chargement et de stockage sont plus importantes. On évalue à 1 p. 100 la quantité d'ammoniac perdu à partir du moment où il est fabriqué à l'usine, incluant les opérations de stockage, jusqu'à la livraison au grossiste, et une autre perte de 1 p. 100 se produit chez le grossiste lors de la distribution. En tout, 2 p. 100 de l'ammoniac produit (manutentionné) sont perdus lors des opérations de chargement et de stockage[13]. Ce taux d'émission pourrait être élevé, car de nombreuses usines contrôlent les émissions d'ammoniac par condensation des vapeurs; cependant, aucune donnée n'est disponible sur l'efficacité et la fréquence d'utilisation de ce mode de dépollution.

Les émissions totales données au tableau 9 ont été estimées à partir de la production d'ammoniac[2].

TABLEAU 9 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION D'AMMONIAC

Province et territoire	Émissions (tonnes/année) provenant du:		
	Régénérateur du CO_2	Chargement et stockage	Total
T.-N.			
Î.-P.-É.			
N.-É.			
N.-B.			
Qué.*			
Ont.	659	13 180	13 839
Man.	89	1 780	1 869
Sask.			
Alb.	1 696	33 920	35 616
C.-B.	112	2 240	2 352
Yukon, T.N.-O.			
CANADA	2 556	51 120	53 676

3.1.2 Fabrication du nitrate d'ammonium. - Le nitrate d'ammonium est une substance blanche, cristalline et hygroscopique, relativement instable, qui forme des mélanges explosifs avec des produits combustibles ou lorsqu'il est contaminé par des composés organiques. Le nitrate d'ammonium est surtout utilisé comme engrais. De la quantité totale produite, 58 p. 100 sont appliqués directement sur le sol ou utilisés dans la préparation d'engrais, et 34 p. 100 sont utilisés dans la préparation d'explosifs; le reste sert à préparer des solutions azotées.

On fait réagir des vapeurs d'ammoniac avec de l'acide nitrique dans un neutraliseur pour obtenir une solution de nitrate d'ammonium. La chaleur de réaction fait bouillir la solution et la concentre ainsi jusqu'à 85 p. 100. La solution de nitrate d'ammonium est ensuite concentrée jusqu'à 99,8 p. 100 dans un évaporateur sous vide ou un évaporateur ventilé (jusqu'à 95 p. 100 pour la fabrication des pastilles de faible densité servant à la préparation d'explosifs). On fabrique ensuite des pastilles ou des granules à partir de la solution. Dans ce procédé, la solution concentrée est pulvérisée, généralement en passant par des pommes de douche installées à la partie supérieure d'une tour de granulation d'environ 60 mètres de hauteur dans laquelle circule un courant d'air ascendant. Il se forme alors des sphérules (prills) qui sont ensuite triées, séchées, puis revêtues d'un agent anti-agglutinant comme l'argile ou la terre à diatomée pour empêcher l'agglomération. Les sphérules enrobées sont ensuite stockées.

Le neutraliseur, l'évaporateur et la tour de granulation sont les principales sources d'émission. Les gaz de rejet du neutraliseur constituent une importante source d'ammoniac. Dans la plupart des usines, ces émissions sont contrôlées par condensation. Les épurateurs sont utilisés seuls ou avec un condenseur. Les gaz de rejet provenant de l'évaporateur ventilé contiennent également de l'ammoniac. Ces émissions sont généralement éliminées à l'aide d'un épurateur venturi, et l'épuration finale peut se faire à l'aide d'un condenseur qui condense la totalité des gaz. Les gaz de rejet de la tour qui contiennent de l'ammoniac sont évacués directement dans l'atmosphère.

Les facteurs d'émission moyens sont résumés au tableau 10[14]. Les émissions totales données au tableau 11 ont été évaluées à partir de la production de nitrate d'ammonium tirée des "product profiles" du CPI[2].

3.1.3 Fabrication du phosphate diammoniacal. - Le phosphate monoammoniacal (PMA) et le phosphate diammoniacal (PDA) sont utilisés comme engrais, seuls ou en combinaison avec d'autres sels. On les prépare en faisant réagir du NH_3 anhydre avec de l'acide phosphorique. Selon le rapport NH_3/H_3PO_4 choisi, généralement entre 1 et 2, on

TABLEAU 10 FACTEURS D'ÉMISSION POUR LES USINES DE NITRATE D'AMMONIUM

Procédé	Facteur d'émission (kg/tonne de nitrate d'ammonium produit)
Neutraliseur	0,5
Évaporateur	0,5
Tour de prillage	0,2

TABLEAU 11 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DU NITRATE D'AMMONIUM

Province et territoire	Émissions produites par les différents procédés (tonnes/année)			
	Neutraliseur	Évaporateur	Tour de prillage	Total
T.-N.				
Î.-P.-É.				
N.-É.				
N.-B.				
Qué.	27	27	11	65
Ont.	237	237	95	569
Man.	58	58	24	140
Sask.				
Alb.	275	275	110	660
C.-B.				
Yukon, T.N.-O.				
CANADA	597	597	240	1 434

obtient le composé monoammoniacal ou diammoniacal. Contrairement au phosphate monoammoniacal, le composé diammoniacal est instable et perd graduellement environ 8 p. 100 de NH_3 lorsqu'on l'expose à l'air. Ainsi, le PMA ne contribue pas aux émissions d'ammoniac.

Le procédé acide par voie humide est couramment utilisé pour la fabrication. La réaction initiale intervient entre le NH_3 et le H_3PO_4, et la chaleur de réaction concentre la solution obtenue. Comme la présence d'impuretés rend la cristallisation difficile, les produits sont transformés en granules dans un granulateur. Au cours de la granulation, on ajoute de l'ammoniac ou d'autres engrais pour obtenir le rapport molaire voulu. Le mélange final de PDA renferme 18 p. 100 d'azote, 48 p. 100 de P_2O_5 et 0 p. 100 de potassium (qualité 18-48-0). Les granules de phosphate diammoniacal sont ensuite acheminées vers un séchoir rotatif, l'atelier de triage et un refroidisseur rotatif, puis ils sont stockés. Certains granules sont recyclés pour régler les proportions finales.

Les gaz de rejet provenant du réacteur et du granulateur sont en général épurés à l'acide phosphorique pour récupérer l'ammoniac résiduel. Le facteur d'émission avec dépollution a été évalué à 0,04 kg par tonne de P_2O_5 produit[15]. Les émissions présentées au tableau 12 ont été évaluées à partir de la production de PDA[15] et du pourcentage de P_2O_5 (48 p. 100) dans le mélange fertilisant à base de PDA.

TABLEAU 12 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DU PHOSPHATE DIAMMONIACAL

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)
T.-N.	
Î.-P.-É.	
N.-É.	
N.-B.	4
Qué.	
Ont.	2
Man.	
Sask.	
Alb.	
C.-B.	
Yukon	
T.N.-O.	
CANADA	6

3.1.4 Fabrication du carbonate de sodium. - Le carbonate de sodium anhydre, aussi appelé soude, est une poudre hygroscopique. Ce produit est fabriqué par le procédé Solvay, ou, encore, il est extrait à partir d'eaux saumâtres naturelles ou de minerais. Cinquante-neuf pour cent de la soude produite servent à la fabrication du verre, et 26 p. 100 sont utilisés dans l'industrie minière et l'industrie des produits chimiques. Le reste est utilisé dans l'industrie des pâtes et papiers et sert à la préparation de produits de nettoyage à base d'alcalis ou à d'autres fins.

Les matières premières du procédé Solvay sont l'ammoniac, le calcaire et le sel. On chauffe le calcaire (carbonate de calcium) dans un four à chaux classique pour obtenir de la chaux (oxyde de calcium) et du dioxyde de carbone. La chaux est ensuite transformée en lait de chaux (suspension d'hydroxyde de calcium) par hydratation.

On purifie la saumure dans des absorbeurs, à l'aide d'ammoniac et de dioxyde de carbone provenant des gaz de rejet. Le calcium, le magnésium et les autres métaux lourds précipitent sous forme de boue qui est ensuite éliminée dans une série de bassins de décantation. On fait ensuite barboter de l'ammoniac dans la saumure purifiée, et on la traite avec du CO_2 dans deux tours disposées en série. Voici la réaction:

$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

Le bicarbonate de sodium précipite et est éliminé par filtration sous vide sur un filtre à tambour rotatif. Le gâteau de filtration est calciné en carbonate de sodium et en dioxyde de carbone:

$$2NaHCO_3 \xrightarrow{\text{chaleur}} Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

Le dioxyde de carbone dégagé est retourné dans le four à chaux avec du CO_2 d'appoint. On refroidit et on tamise le carbonate de sodium pour obtenir un produit léger. Une certaine partie du produit est granulée en présence d'eau pour augmenter sa densité et réduire les quantités de poussière dégagées. On sèche ce produit avant de le vendre.

L'ammoniac présent dans le liquide de filtration sous vide est éliminé dans le four d'ammonisation par réaction avec le lait de chaux:

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \xrightarrow{\text{chaleur}} 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$

On retourne l'ammoniac libre dans l'absorbeur avec une certaine quantité de NH_3 d'appoint; en général, on rejette la solution de chlorure de calcium. Toutefois, dans certaines usines, la majeure partie de cette solution est récupérée comme sous-produit.

De petites quantités d'ammoniac sont rejetées avec les gaz de rejet de la tour de lavage. Il y a aussi un peu partout dans le système des pertes qui sont compensées par l'ammoniac d'appoint (0,35 p. 100 à 0,5 p. 100 en poids de carbonate de sodium). Toutefois, une certaine partie de l'ammoniac est rejetée avec la solution de chlorure de calcium; ainsi, les pertes d'ammoniac dans l'atmosphère, évaluées à 3,5 kg par tonne de produit[16], sont inférieures à la quantité d'ammoniac d'appoint. Les émissions totales sont présentées au tableau 13.

3.1.5 Fabrication de l'urée. - L'urée est un composé organique cristallin et incolore, très soluble dans l'eau, contenant 46 p. 100 d'azote en poids; c'est l'engrais solide le plus riche en azote. Comme l'urée est transformée en ammoniac puis en nitrate dans le sol, elle constitue une forme de fertilisant très concentré en azote. De toute la demande domestique, 72 p. 100 sont appliqués directement sur le sol, et 16 p. 100 entrent dans la préparation de solutions azotées et de mélanges fertilisants. Le reste sert à la fabrication de résines d'urée-formaldéhyde, de fourrages, etc.

TABLEAU 13 ÉMISSION D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DU CARBONATE DE SODIUM

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)
T.-N.	
Î.-P.-É.	
N.-É.	
N.-B.	
Qué.	
Ont.	1 344
Man.	
Sask.	
Alb.	
C.-B.	
Yukon	
T.N.-O.	
CANADA	1 344

Normalement, on fabrique l'urée en combinant sous pression de l'ammoniac avec du dioxyde de carbone pour obtenir du carbamate d'ammonium qui se décompose en urée et en eau.

$$2NH_{3(l)} + CO_{2(g)} \rightleftarrows NH_4CO_2NH_{2(l)} + \text{chaleur}$$

$$NH_4\,CO_2\,NH_{2(l)} + \text{chaleur} \rightleftarrows CO\,(NH_2)_{2(l)} + H_2O_{(l)}$$

(carbamate d'ammonium) (urée)

Selon le procédé utilisé, la réaction de l'ammoniac et du dioxyde de carbone s'effectue sous une pression entre 13 500 kPa et 40 000 kPa et à une température comprise entre 170 °C et 210 °C. Normalement, l'ammoniac qui n'a pas réagi est recyclé dans le procédé ou est employé pour produire d'autres engrais ou produits intermédiaires (acide nitrique, nitrate d'ammonium, etc.); le CO_2 est rejeté dans l'atmosphère ou récupéré et recyclé (partiellement ou totalement).

Le produit qui sort du réacteur renferme de l'urée, du carbamate d'ammonium et de l'eau et est acheminé vers un appareil de strippage où la pression est réduite de 20 000 kPa à environ 2 000 kPa. La solution perd de l'ammoniac, du dioxyde de carbone et de l'eau, et une certaine partie du carbamate est déshydraté. La solution est ensuite acheminée vers une installation de décomposition où le reste du carbamate est déshydraté. La solution contenant 75 p. 100 à 80 p. 100 d'urée est en général soumise à un traitement ultérieur permettant d'obtenir un produit final sous forme de cristaux, de flocons, de sphérules ou de granules.

La solution d'urée est ensuite concentrée à plus de 98 p. 100, puis l'eau est éliminée au contact d'un courant d'air dans une tour de granulation, ce qui donne des sphérules d'urée qui sont refroidies, revêtues et emballées. Parfois, on introduit la solution dans une tour renfermant des particules sèches en agitation, à une température légèrement supérieure à la température de prise en masse de la solution; on agite jusqu'à l'obtention de granules que l'on sèche à 120 °C.

Les émissions d'ammoniac provenant des réservoirs de stockage et des tours de granulation sont habituellement rejetées directement dans l'atmosphère. Dans les fabriques de granules, les émissions sont d'abord acheminées vers des épurateurs. Les autres sources d'émission du procédé sont traitées par épuration ou condensation.

Les émissions données au tableau 14 ont été évaluées en utilisant un facteur d'émission spécifique à chaque usine; ce facteur est basé sur les résultats d'un sondage réalisé auprès des industries en 1978 par Environnement Canada. Les chiffres sur la production d'urée pour l'année 1980 ont été tirés de la référence 2.

TABLEAU 14 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DE L'URÉE

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)
T.-N.	
Î.-P.-É.	
N.-É.	
N.-B.	
Qué.	
Ont.	1 405
Man.	213
Sask.	
Alb.	7 544
C.-B.	
Yukon	
T.N.-O.	
CANADA	9 162

3.1.6 Raffineries de pétrole. - Les opérations de raffinage comprennent quatre principales étapes: la séparation, la conversion, le traitement et le mélange. Le pétrole brut est d'abord séparé en fractions dont le volume relatif est déterminé par le type de pétrole utilisé. La distillation constitue habituellement la séparation primaire. Selon l'intervalle d'ébullition du stock et les spécifications du produit, on réalise parfois la séparation par extraction à l'aide de solvant et par adsorption. Comme le volume relatif de chaque fraction produite ne correspond pas nécessairement à la demande, certains produits sont transformés en produits qui ont une plus grande valeur marchande.

a) LES HYDROCARBURES LOURDS sont transformés par craquage en hydrocarbures plus volatils dont l'intervalle de distillation correspond à celui de l'essence. Il existe trois techniques de conversion, soit le craquage thermique, le craquage catalytique et le reformage catalytique.

1° Dans le *craquage thermique*, on chauffe la charge jusqu'à environ 540 °C, sous une pression élevée, pour obtenir des hydrocarbures gazeux, de l'essence, du gazole et des résidus lourds. Il existe aussi d'autres types de craquage thermique: la cokéfaction, qui est un procédé à température élevée; la viscoréduction, qui est un craquage à basse température de mélanges lourds destiné à en réduire la viscosité; et les unités combinées, qui utilisent la distillation et le craquage.

2° Le *craquage catalytique* est utilisé couramment dans les raffineries modernes. Le craquage en présence d'un catalyseur (habituellement alumine-silicate) est réalisé à une température d'environ 900 °C et à une pression légèrement supérieure à 100 kPa. Ce type de craquage permet d'obtenir un rendement plus élevé en essence et une essence de meilleure qualité que le craquage thermique. Dans les raffineries, on utilise le craquage sur lit mobile et le craquage sur lit fluidisé. Les procédés de craquage Thermofor (TCC) et Houdriflow (HCC), qui sont des procédés sur lit mobile, ne sont pas utilisés à grande échelle et seront remplacés tôt ou tard; le procédé sur lit fluidisé est souvent désigné par le sigle "FCC" (Fluid Catalytic Cracking). Un système à lit fluidisé est illustré à la figure 2.

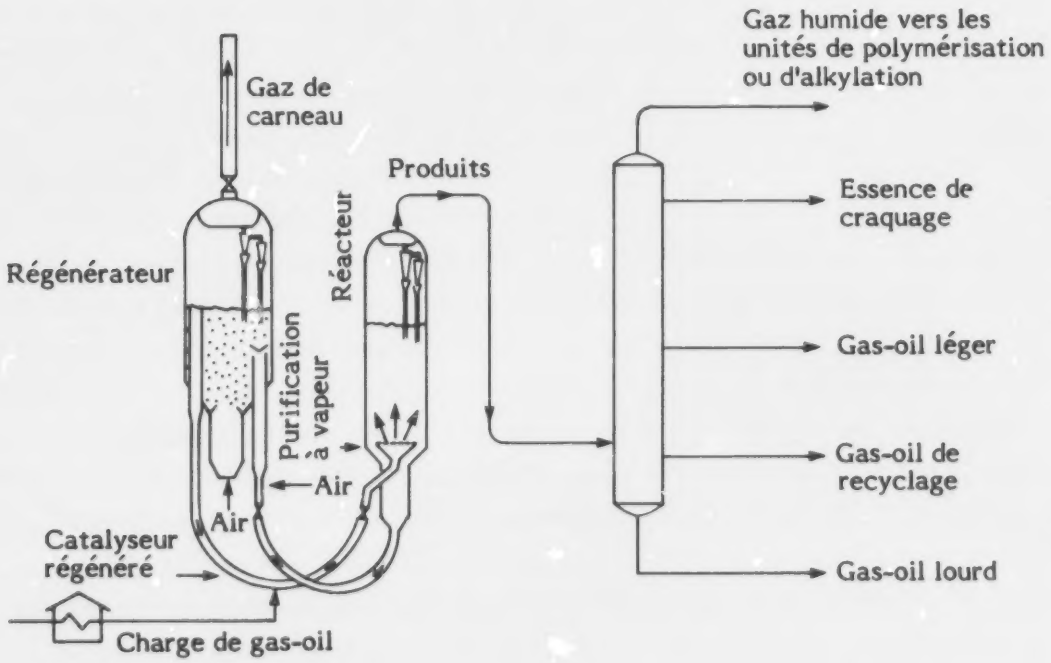


FIGURE 2 INSTALLATION DE CRAQUAGE CATALYTIQUE SUR LIT FLUIDISÉE (FCC)

3° Le *reformage catalytique* utilise de l'essence comme matière première et produit par réarrangement moléculaire, comprenant l'élimination d'hydrogène, une essence de meilleure qualité possédant un indice d'octane plus élevé ainsi que de grandes quantités d'hydrogène.

b) LES HYDROCARBURES GAZEUX LÉGERS sont traités dans les installations de polymérisation ou d'alkylation ou sont réarrangés dans des installations d'isomérisation pour donner des huiles de base pour mélange d'essences. La polymérisation et l'alkylation permettent de produire de l'essence à partir d'hydrocarbures gazeux formés durant le craquage. L'isomérisation sert à produire des hydrocarbures à chaîne ramifiée. On utilise des catalyseurs pour favoriser la combinaison et le réarrangement de ces hydrocarbures légers.

Les pétroles bruts peuvent contenir de petites quantités de nombreuses impuretés qui sont enlevées par réaction avec l'hydrogène ou avec des produits chimiques ou par épuration physique. On enlève le soufre et l'azote, car ils risquent de nuire aux catalyseurs utilisés dans certains procédés. L'enlèvement du soufre permet aussi d'améliorer la qualité du produit.

Finalement, les produits raffinés sont habituellement mélangés entre eux et à divers additifs pour maximiser la production de produits de grande valeur marchande.

Au cours du craquage, les dépôts de coke sur les catalyseurs ou dans les tubes du réacteur, ainsi que le soufre et d'autres impuretés présents dans la charge sont enlevés par combustion contrôlée. Les gaz de combustion, y compris l'ammoniac, sont rejetés dans l'atmosphère. On a évalué les facteurs d'émission à 154 kg par 10^6 litres de charge pour le craquage FCC et à 17,1 kg par 10^6 litres de charge pour la craquage TCC et HCC[16]. Dans le cas du craquage catalytique, on a évalué le taux d'alimentation à partir de la capacité et du pourcentage de fonctionnement[17]. Le tableau 15 résume les émissions produites par les diverses opérations de craquage.

3.1.7 Fabrication de coke métallurgique. - Le coke est le résidu solide de la distillation sèche du charbon bitumineux; cette distillation permet d'éliminer les matières volatiles (goudrons, composés aromatiques, etc.). Les cokes métallurgiques sont produits à partir de charbons renfermant relativement peu de composés mélalliques. Au Canada, plus de 95 p. 100 du coke sont produits avec le four à coke du type "by-product". Le reste est produit par le procédé Curran-Knowles ou par le procédé Lurgi. Quatre-vingts pour cent à

TABLEAU 15 ÉMISSIONS D'AMMONIAC DES RAFFINERIES DE PÉTROLE

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)		
	FCC	TCC/HCC	Total
T.-N.			
Î.-P.-É.			
N.-É.	164	5	159
N.-B.	277		277
Qué.	953	24	977
Ont.	987	29	1 016
Man.	-	9	9
Sask.	81		81
Alb.	717		717
C.-B.	407		407
Yukon, T.N.-O.			
CANADA	3 586	67	3 653

85 p. 100 du coke produit par le procédé du four à coke du type "by-product" servent à la fabrication de fonte brute dans les hauts fourneaux. Le reste est utilisé dans les fonderies, pour le chauffage et pour d'autres procédés métallurgiques.

Dans les fours non classiques comme ceux utilisés dans le procédé Curran-Knowles, on chauffe le charbon dans un four horizontal à partir de la sole. Dans le procédé Lurgi, la lignite est convertie par carbonisation en une substance composée de carbone fixe, de cendres et de composés volatils.

Le procédé de cokéfaction du type "by-product" qui sert à produire la plupart du coke, est axé sur la récupération des gaz obtenus durant la cokéfaction. On broie le charbon et on mélange les divers charbons utilisés pour obtenir une gâteau homogène avant l'enfournement. Le charbon est introduit dans le four à partir d'une benne se déplaçant sur des rails au-dessus du four. Après l'enfournement, les orifices d'alimentation sont scellés et la benne est rechargée.

Les fours à coke sont du type à canal, rectangulaires et étroits, en briques de silice; une batterie peut contenir 50 et parfois plus de 100 fours séparés par des carneaux. Normalement, la combustion est entretenue par du gaz de haut fourneau et(ou) du gaz de

four à coke. Le charbon est chauffé indirectement jusqu'à environ 1 100 °C pendant une période comprise entre 17 et 24 heures, selon le produit désiré. Les gaz produits lors de la cokéfaction sont récupérés et refroidis en vue d'être utilisés ultérieurement. Lorsque la cokéfaction est terminée, le coke est extrait du four par une défourneuse, puis transporté dans une benne se déplaçant sur des rails jusqu'à la tour d'extinction où il est arrosé avec de l'eau. On laisse sécher le coke ainsi refroidi (200 °C), puis on le sépare par criblage en fractions de diverses tailles.

Les composés azotés et les hydrocarbures contenus dans le charbon forment de l'ammoniac au cours de la cokéfaction. Normalement, on débarrasse les gaz de four à coke de l'ammoniac qu'ils contiennent, pour diminuer les problèmes de traitement que le NH_3 pourrait causer éventuellement, pour réduire la corrosion des conduites et pour éliminer toute source secondaire possible de pollution de l'air et de l'eau. Le gaz propre est utilisé comme combustible directement sur place; l'ammoniac qui reste dans le gaz de four à coke après l'épuration est oxydé et ne constitue donc pas un problème de pollution de l'air en tant qu'ammoniac.

Les principales sources d'émission d'ammoniac, provenant du processus de cokéfaction du type "by-product", qui ne font l'objet d'aucune dépollution sont: (a) l'enfournement du charbon dans les fours incandescents, (b) les fuites provenant des portes des fours au cours de la cokéfaction, (c) le défournement du coke. Les facteurs d'émission sans dépollution sont donnés pour ces sources au tableau 16[18]. Les émissions données au tableau 17 ont été évaluées à partir de la quantité de charbon servant à fabriquer du coke métallurgique[19].

TABLEAU 16 FACTEURS D'ÉMISSION D'AMMONIAC PROVENANT DES PROCÉDÉS SANS DISPOSITIF ANTI-POLLUANT AU COURS DE LA FABRICATION DU COKE MÉTALLURGIQUE

Source	Facteur d'émission (kg/tonne de charbon enfourné)
Enfournement du charbon	0,01
Fuites par les portes du four	0,03
Défournement du coke	0,05

TABLEAU 17 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE LA FABRICATION DE COKE MÉTALLURGIQUE

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)			
	Enfournement du charbon	Fuites par les portes du four	Défournement du coke	Total
T.-N.				
Î.-P.-É.				
N.-É.	7	20	34	61
N.-B.				
Qué.				
Ont.	69	207	344	620
Man.				
Sask.	3	9	14	26
Alb.				
C.-B.	1	4	6	11
Yukon, T.N.-O.				
CANADA	80	239	399	718

3.2 Procédés de combustion

3.2.1 Utilisation de combustible de chauffe. - Il y a formation d'ammoniac au cours de la combustion qui résulte de la réaction entre l'oxyde d'azote et l'hydrogène. L'oxyde d'azote est le produit de l'oxydation de l'azote contenu dans l'air; l'hydrogène moléculaire provient des gaz de combustion et de la réaction d'équilibre de l'oxyde de carbone et de l'eau. L'ammoniac est un produit intermédiaire, et il sera oxydé en présence d'une quantité suffisante d'oxygène. Toutefois, lorsque cette quantité est insuffisante, une fraction est émise dans l'atmosphère.

Les quantités d'ammoniac produites par les procédés de combustion industriels et commerciaux ne sont guère importantes, car on maintient habituellement de bonne conditions de combustion pour conserver une efficacité optimale.

Les facteurs d'émission pour la combustion de mazout et de charbon utilisés dans les résidences sont donnés au tableau 18. Les émissions données au tableau 19 ont été évaluées à partir de la consommation de combustible de chauffe dans les résidences[20].

TABLEAU 18 FACTEURS D'ÉMISSION D'AMMONIAC PROVENANT DE L'EMPLOI DE COMBUSTIBLE DE CHAUFFE DANS LES RÉSIDENCES

Combustible de chauffe	Facteur d'émission
Mazout	0,12 kg de NH_3/m^3
Charbon	1 kg de NH_3/tonne

TABLEAU 19 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE L'UTILISATION DE COMBUSTIBLE DE CHAUFFE DANS LES RÉSIDENCES

	Émissions d'ammoniac (tonnes/année)		
Province et territoire	Mazout	Charbon	Total
T.-N.	41	2	43
Î.-P.-É.	14		14
N.-É.	105	46	151
N.-B.	71	1	72
Qué.	503		503
Ont.	459		459
Man.	24		24
Sask.	33	11	44
Alb.	8	91	99
C.-B.	83		83
Yukon, T.N.-O.	4		4
CANADA	1 345	151	1 496

3.2.2 **Incinération de déchets solides.** - L'incinération permet de réduire le volume et la masse des déchets solides avant leur élimination. En plus de provenir des habitations résidentielles, les déchets solides sont produits par les activités industrielles, commerciales et agricoles.

Le procédé de combustion est complexe. On enlève d'abord l'humidité des déchets bruts, puis on continue à les chauffer jusqu'à la température de pyrolyse. Les composés volatils sont dégagés avec les gaz de pyrolyse. Normalement, le lit contient l'air de combustion, et l'oxygène réagit avec les gaz pour donner de l'oxyde de carbone, du dioxyde de carbone, de l'hydrogène, de l'eau et des gaz imbrûlés. La fraction carbonisée est réduite en oxydes de carbone; le reste est constitué de cendres inorganiques. Les gaz de pyrolyse non oxydés sont exposés à un environnement oxydant pour réaliser une combustion complète. Pour ce faire, on mélange intimement l'air et les gaz combustibles.

Les sources industrielles, y compris les manufactures et les entrepôts, produisent des déchets de plastique et de textile et des copeaux de bois, selon les matériaux utilisés et les produits fabriqués. Les entrepôts rejettent des palettes en bois, des caisses, des boîtes en carton et des matériaux d'emballage.

L'incinération commerciale comprend l'incinération de déchets provenant d'immeubles à bureaux, de grands magasins, des supermarchés et de restaurants. Ces déchets sont constitués de papiers, de matériaux d'emballage en plastique et d'aliments avariés. Dans ces cas, on utilise surtout des incinérateurs à chambres multiples. Les gaz de combustion qui sortent de la chambre primaire sont acheminés vers une petite chambre où ils sont mélangés avec de l'air, puis ils passent dans la chambre de combustion. Dans l'incinérateur à alimentation d'air contrôlée, les déchets sont incinérés dans la chambre principale en présence d'une quantité d'oxygène insuffisante pour réaliser la combustion complète. Les gaz combustibles sont ensuite brûlés en présence d'un excès d'air dans une chambre secondaire, ce qui permet de réaliser une combustion efficace.

La plupart des incinérateurs industriels et commerciaux ne sont pas munis d'un système de dépollution. Toutefois, pour améliorer la combustion, les incinérateurs à chambres multiples sont habituellement dotés d'une chambre de post-combustion des gaz, ce qui permet de réduire les émissions d'ammoniac.

Une grande variété de déchets provenant des maisons, des immeubles d'appartements et des petites collectivités sont ramassés en vue d'être brûlés dans un incinérateur municipal. Ce type d'incinérateur emploie habituellement le procédé à alimentation d'air contrôlée; les déchets sont brûlés sur une grille dans une chambre dont les parois sont revêtues d'un matériau réfractaire. Les déchets municipaux sont également incinérés dans des fosses d'incinération, mais seuls 6 p. 100 de tous les déchets de cette nature sont éliminés de cette façon.

L'incinération sert aussi à éliminer les boues d'épuration des eaux d'égout. Ces boues sont d'abord déshydratées, puis leur incinération est effectuée dans un four à étages ou dans un four à lit fluidisé.

Les gaz combustibles proviennent de la pyrolyse des composés volatils contenus dans les déchets solides et de l'oxydation partielle des gaz de pyrolyse et des produits de carbonisation. Ces gaz comprennent, entre autres, de l'ammoniac, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, des hydrocarbures et des acides organiques. Ces gaz sont oxydés dans la chambre de postcombustion prévue à cet effet, si de bonnes conditions de combustion sont maintenues, sinon une portion est rejetée dans l'atmosphère. Les facteurs d'émission et les émissions provenant des incinérateurs sont présentés aux tableaux 20 et 21 respectivement. Les données sur les quantités incinérées proviennent de sources internes.

3.2.3 **Moteurs à combustion interne.** - Selon une étude américaine[17], les gaz d'échappement des automobiles contiennent peu d'ammoniac, que le véhicule soit ou non muni d'un convertisseur catalytique bifonctionnel. Les convertisseurs catalytiques trifonctionnels, conçus pour réduire les oxydes d'azote en azote moléculaire, peuvent produire des quantités beaucoup plus importantes d'ammoniac, mais ils ont été introduits au Canada que sur les modèles 1981. Le facteur d'émission pour les moteurs à essence et les moteurs diesel munis d'un convertisseur catalytique trifonctionnel a été évalué à 0,24 kg de NH_3 par mille litres de carburant consommé. Contrairement aux modèles américains, aucun règlement ne prévoyait l'installation d'un convertisseur sur les voitures canadiennes en 1980. Ainsi, les voitures canadiennes munies d'un convertisseur catalytique, et il y en avait moins de 5 000[21], ont émis moins de 2 tonnes d'ammoniac, ce qui est relativement peu.

TABLEAU 20 FACTEURS D'ÉMISSION D'AMMONIAC PROVENANT DE L'INCINÉRATION DE DÉCHETS SOLIDES SANS DISPOSITIF DE DÉPOLLUTION

Sources d'émission	Facteur d'émission (kg/tonne de charge)
Industrielles et commerciales	0,2
Municipales	0,2
Boues d'épuration des eaux d'égout	0,15*

* En kilogrammes par tonne de boues déshydratées.

TABLEAU 21 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE L'INCINÉRATION DE DÉCHETS SOLIDES

Province et territoire	Émissions par chacune des sources (tonnes/année)			
	Industrielles et commerciales	Municipales	Boues d'épuration des eaux d'égout	Total
T.-N.	1,7	-	-	1,7
Î.-P.-É.	0,4	-	-	0,4
N.-É.	2,6	-	-	2,6
N.-B.	3,4	-	-	3,4
Qué.	26,4	106,6	-	133,0
Ont.	41,2	74,1	14,7	130,0
Man.	4,5	-	-	4,5
Sask.	3,3	0,9	0,1	4,3
Alb.	7,5	-	-	7,5
C.-B.	11,0	7,3	0,5	18,8
Yukon, T.N.-O.	0,2	-	-	0,2
CANADA	102,2	188,9	15,3	306,4

3.3 Autres sources

3.3.1 Parcs d'engraissement. - Les grands parcs d'engraissement utilisés intensivement produisent des quantités considérables de déchets. Comme nous l'avons mentionné à la section 2.2, il y a volatilisation de 16,42 grammes d'ammoniac par kilogramme d'animal par année à partir des déchets[1]. Les données sur le nombre de porcs, de boeufs et de moutons proviennent de Statistique Canada[22]; on s'est servi de la masse approximative des animaux[1] pour évaluer les émissions présentées au tableau 22.

3.3.2 Épandage de l'ammoniac anhydre sur le sol. - Au Canada, 17 p. 100 de l'ammoniac anhydre sur le marché sont épandus directement sur le sol comme engrais. Au cours de l'épandage, les pertes d'ammoniac gazeux représentent environ 3 p. 100 de la quantité utilisée. Ces pertes se produisent lors du transfert de l'ammoniac liquide dans les réservoirs du système d'épandage à partir des réservoirs de stockage en vrac.

TABLEAU 22 NOMBRE DE TÊTES DE BÉTAIL ET ÉMISSIONS PROVENANT DES PARCS D'ENGRAISSEMENT*

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)			
	Porcs	Boeufs	Moutons	Total
T.-N.	13	57	7	77
Î.-P.-É.	66	813	5	884
N.-É.	70	1 084	29	1 183
N.-B.	38	874	9	921
Qué.	2 069	13 608	65	15 742
Ont.	2 089	24 815	146	27 050
Man.	542	9 220	21	9 783
Sask.	415	19 232	66	19 713
Alb.	851	32 614	129	33 594
C.-B.	140	5 761	48	5 949
Yukon, T.N.-O.				
CANADA	6 293	108 078	525	114 896

* Masse unitaire approximative: porc, 40 kg; boeuf, 500 kg; mouton, 50 kg.

Les émissions présentées au tableau 23 ont été évaluées à partir de la quantité épandue d'ammoniac anhydre[23].

3.3.3 **Fumée de cigarette.** - La fumée de cigarette est le produit de la combustion incomplète du tabac. Sa composition chimique dépend de nombreux facteurs dont le type de tabac, la perméabilité du papier à l'air et le taux de filtration. La fumée est constituée d'un aérosol concentré de particules liquides en suspension dans une phase gazeuse composée principalement d'azote, d'oxygène et de dioxyde de carbone.

La phase gazeuse produite par la combustion d'une seule cigarette contient environ 100 µg de NH_3. Les 69,276 x 10^9 cigarettes vendues annuellement au Canada[24] produiraient 6 928 tonnes d'ammoniac. Les émissions provinciales données au tableau 24 ont été calculées en répartissant les émissions nationales selon la population de fumeurs de chaque province[5, 11].

TABLEAU 23 ÉMISSIONS D'AMMONIAC PROVENANT DE L'ÉPANDAGE D'AMMONIAC ANHYDRE

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)
T.-N.	
Î.-P.-É.	
N.-É.	
N.-B.	
Qué.	61
Ont.	1 575
Man.	2 220
Sask.	2 017
Alb.	4 767
C.-B.	152
Yukon, T.N.-O.	
CANADA	10 792

TABLEAU 24 ÉMISSIONS PROVENANT DE LA CIGARETTE

Province et territoire	Émissions (tonnes/année)
T.-N.	167
Î.-P.-É.	36
N.-É.	249
N.-B.	205
Qué.	2 205
Ont.	2 234
Man.	285
Sask.	269
Alb.	622
C.-B.	656
Yukon	7
T.N.-O.	13
CANADA	6 948

3.3.4 Autres. - De nombreux procédés industriels et activités connexes produisent aussi de l'ammoniac: par exemple, traitements métallurgiques dans les fonderies et lors de l'exploitation d'une mine à ciel ouvert, synthèse de produits chimiques, épuration des gaz résiduaires, traitement des eaux, production d'explosifs à base de nitrate d'ammonium, utilisation de NH_3 dans les appareils réfrigérants, et préparation de produits alimentaires comme dans les fabriques de farine de poisson. Les sources qui suivent contribuent peu, estime-t-on, aux émissions totales d'ammoniac dans l'atmosphère.

- Le traitement métallurgique de métaux ferreux produit moins d'une tonne d'ammoniac. Au cours de la galvanisation, on utilise du chlorure d'ammonium comme fondant; il y a dégagement de traces d'ammoniac chaque fois que ce fondant est perturbé.
- Les émissions d'ammoniac produites lors de l'exploitation d'une mine à ciel ouvert proviennent de la combustion de terrils contenant du charbon. Ces incidents ne sont pas signalés, mais on suppose que les quantités dégagées sont négligeables.
- L'ammoniac entre dans la préparation de nombreux produits chimiques, mais seules des traces seraient émises. En général, les gaz résiduaires produits dans ces usines sont brûlés à la torche; ainsi, toute trace d'ammoniac rejeté est oxydée.
- Une usine produisant du sulfate d'ammonium en solution utilise une solution d'ammoniac pour l'épuration des gaz résiduaires. Les gaz épurés sont acheminés vers un collecteur de gouttelettes en suspension pour éliminer toute trace d'ammoniac résiduel.
- Les émissions d'ammoniac dans l'atmosphère des usines d'épuration des municipalités ne sont guère importantes. L'épuration à air et l'agitation sont les seuls procédés susceptibles d'en rejeter dans l'atmosphère.
- De petites quantités d'ammoniac sont rejetées au cours de la fabrication d'engrais et d'explosifs à base de nitrate d'ammonium. Par contre, l'utilisation d'explosifs ne produit aucune émission d'ammoniac.
- L'ammoniac est utilisé dans les gros appareils de réfrigération industrielle. Seules de petites quantités sont rejetées à partir de cette source.
- Dans les usines de farine de poisson, il y a dégagement d'ammoniac par le poisson en décomposition. Les quantités émises par suite d'un mauvais entretien des lieux sont probablement négligeables.

RÉFÉRENCES

1. Environnement Canada, Service de la protection de l'environnement, *Inventaire national des sources naturelles d'émission de composés d'azote*, rapport EPS 3-AP-80-4F, 1980.

2. Corpus Corporation, CPI product profiles.

3. Environnement Canada, Service canadien de la faune, communication personnelle.

4. Environnement Canada, Conseil canadien de protection des animaux, communication personnelle.

5. Statistique Canada, *Recensement du Canada de 1981*, Population, nos de cat. de CS 93-901 à CS 93-912, 1981.

6. Farquhar, G.A., "Ammonia Volatilization from Senescing Leaves of Maize", *Science*, vol. 203, pp. 1 257-1 258.

7. National Academy of Science Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Polluants, *Ammonia*, University Park Press, 1979.

8. Environnement Canada, Institut de recherche sur les feux de forêt (données non publiées).

9. Nefedov Yu. G., V.P. Savins, N.L. Sokolov et V.E. Ruhy Kova, "Investigation of Human Expired Air for Contaminants", *Kosmicheskaya Biologiya i Meditsana*, Vol. 3, nº 5, pp. 71-77, septembre 1969.

10. Santé et Bien-être social Canada, *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*, 1978, nº de cat. H48-10/1978-1F.

11. Statistique Canada, *La santé des Canadiens*, nº de cat. CS 82-538, 1978.

12. U.S. Environmental Protection Agency, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, 3e édition, Supplement No. 9, NTIS publication No. PB-295-614, mars 1979.

13. Walkup, H.G. et J.L. Nevins, "The Cost of Doing Business in Agricultural Ammonia for Direct Application", *Agricultural Ammonia News*, novembre-décembre 1966.

14. Environnement Canada, Direction générale de la pollution atmosphérique, *Technologie de lutte contre les émissions de polluants atmosphériques - Industries des engrais azotes et phosphates*, rapport nº EPS 3-AP-82-2F, 1982.

15. Corpus Corporation, CPI product profiles, "Ammonium Phosphates".

16. U.S. Environmental Protection Agency, *Impact of New Source Performance Standards on 1985 National Emissions from Stationary Sources*, EPA-450/3-76-017, avril 1977.

17. *Canadian Petroleum*, "20th Annual Refining Census", pp. 13-23, juillet 1980.

18. U.S. Environmental Protection Agency, *Compilation of Air Pollution Emission Factors*, 3e édition, Supplement No. 11, NTIS publication No. PB-81-178014, octobre 1980.

19. Aylsworth, J.A., *Revue de l'industrie minérale au Canada*, "Charbon et Coke", Énergie, Mines et Ressources Canada, 1980.

20. Statistique Canada, *Bulletin trimestriel - Disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*, nº de cat. CS 57-003.

21. Environnement Canada, Division des sources mobiles (données non publiées).

22. Statistique Canada, *Rapport des enquêtes sur le bétail*, nº de cat. CS 23-008, janvier 1981.

23. Institut canadien des engrais.

24. Statistique Canada, *Production et disposition des produits du tabac*, Division des manufactures et des industries primaires, nº de cat. CS 32-022, décembre 1980.